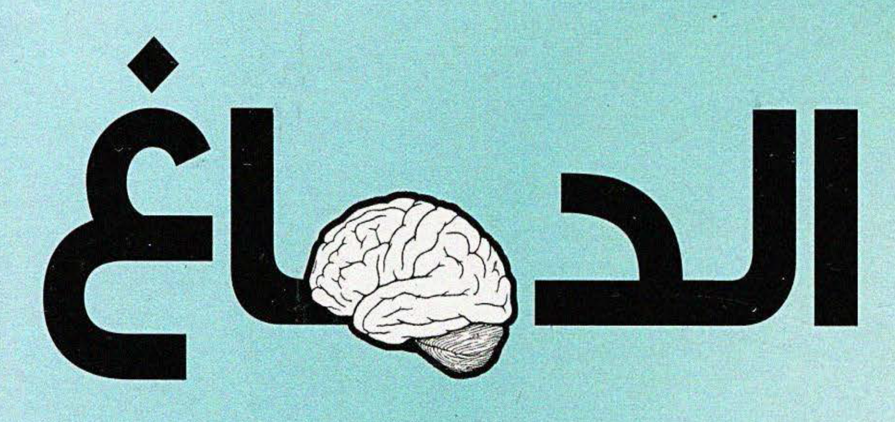
«تفوز قوة التفكير الإيجابي أخيراً بالمصداقية العلمية. إخضاع الدماغ، وصنع المعجزات، وترويض الحقيقة... كتابٌ يجسر الثغرة بين العلم ومساعدة النفس». - نيويورك تايمز



الدماغ

وكيف يطوّر بنيته وأداءه

روّاد علم الدماغ
يُسجّلون قصص نجاحات حقيقية

الدكتور نورمان دويدج

الدماغ

وكيف يطوّر بنيته وأداءه

روّاد علم الدماغ
يُسجّلون قصص نجاحات حقيقية

تأليف

نورمان دويدج، دكتور في الطبّ

ترجمة

رفيف غدار





بِسْمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي
The Brain That Changes Itself
حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من الناشر
Viking, Published by The Penguin Group
بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون، ش.م.ل.

الطبعة الأولى
1430 هـ - 2009 م

ردمك **978-9953-87-718-1**


مركز البابطين للترجمة

الكويت، الصالحية، شارع صلاح الدين، عمارة البابطين رقم 3
ص.ب: 599 الصفاة رمز 13006، هـ 22412730 (00965)



عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (1-961+)
ص.ب: 5574-13 شوران - بيروت 2050-1102 - لبنان
فاكس: 786230 (1-961+) - البريد الإلكتروني: bachar@asp.com.lb
الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

التنضيد وفرز الألوان: **أبجد غرافيكس**، بيروت - هاتف 785107 (9611+)

الطباعة: **مطابع الدار العربية للعلوم**، بيروت - هاتف 786233 (9611+)

مركز البابطين للترجمة(*)

"مركـــز الـــبابطين للتـــرجمة" مشروع ثقافي عربي مقرّه دولة الكويت، يهتم بالترجمة من اللغات الأجنبية إلى العربية وبالعكس، ويرعاه ويموّله الشاعر عبد العزيز سعود البابطين في سياق اهتماماته الثقافية وضمن مشروعاته المتعدّدة العاملة في هذا المجال.

ويقدّم المركز هذا الإصدار بالتعاون مع "الدار العربية للعلوم ناشرون" في إطار سلسلة الكتب الدورية المترجمة إلى العربية ومساهمةً منه في رفد الثقافة العربية بما هو جديـــد ومفـــيد، وإيماناً بأهمية الترجمة في التنمية المعرفية وتعزيز التفاعل بين الأمم والحضارات.

وإذ يحـــرص "مركـــز البابطين للترجمة" على اختيار هذه الكتب وفق معايير موضـــوعية تحقّق الغايات النبيلة التي أُنشئ لأجلها، وتراعي الدقّة والإضافة العلمية الحقيقية، فمن نافل القول إن أي آراء أو فرضيات واردة في هذه الكتب وتم نقلها التزاماً بمبدأ الأمانة في النقل، فإنما تعبّر حصراً عن وجهة نظر كاتبها ولا تلزم المركز والقائمين عليه، بأي موقف في أي حال من الأحوال. والله الموفّق.

(*) للمراسلة والتواصل مع المركز tr2@albabtainprize.org

المحتويات

ملاحظة للقارئ

إنّ أسمـــاء جميع الأشخاص الذين خضعوا لتحوُّلات اللدونة العصبية هي أسماء حقيقية إلا في بعض الأماكن المُشار إليها، وفي حالات الأطفال وعائلاتهم.

يـــضمّ قـــسم الملاحظـــات والمراجع في نهاية الكتاب تعليقات على الفصول والملحقَين 1 و2.

تمهيد

يتحدّث هذا الكتاب عن الاكتشاف الثوري بأنّ الدماغ البشري يمكن أن يغيّر نفسه، كما رُوِي في قصص العلماء والأطباء والمرضى الذين أحدثوا معاً هذه التحوّلات المدهشة، واستطاعوا، بدون عمليات جراحية أو مداواة، أن يستفيدوا من قدرة الدماغ على التغيُّر غير المعروفة حتى اليوم. كان البعض من هؤلاء المرضى يعاني مما ظُنّ أنه مشاكل دماغية غير قابلة للعلاج. والبعض الآخر لم يكن يعاني من مشاكل محدّدة ولكنه أراد ببساطة أن يحسّن وظيفة دماغه أو أن يحافظ عليها بينما يتقدّم في السن. لم يكن بالإمكان فهم هذه المغامرة طوال أربعمائة سنة لأنّ طبّ وعلم الاتجاه السائد اعتبرا التركيب البنيوي للدماغ ثابتاً. وكانت الحكمة الشائعة أنّ الدماغ بعد مرحلة الطفولة يتغيّر فقط عندما يبدأ عملية الانحدار الطويلة، وأنه عندما تعجز خلايا الدماغ عن النموّ بشكلٍ صحيح، أو عندما تُصاب، أو تموت، فلا يمكن استبدالها. كما لا يمكن للدماغ أبداً أن يغيّر تركيبه ويجد طريقةً جديدة للقيام بوظائفه إذا تلف جزءٌ منه. تقضي نظرية الدماغ غير المتغيِّر بأنّ الناس الذين وُلدوا بقصور عقلي أو دماغي، أو الذين تَحمَّلوا تلفاً دماغياً، سيكونون عاجزين أو مُتلفين مدى الحياة. أما العلماء الذين تساءلوا ما إذا كان من الممكن تحسين أو حفظ الدماغ المُعافى من خلال النشاط أو التمرين العقلي، فقد قيل لهم أن لا يضيّعوا وقتهم. ورسخت نظرية العدمية العصبية – إحساسٌ بأنّ العلاج للعديد من المشاكل الدماغية هو غير فعّال وحتى غير مبرّر – وانتشرت عبر ثقافتنا معيقةً نموّ

وجهة نظرنا الإجمالية للطبيعة البشرية. بما أنّ الدماغ لا يمكن أن يتغيّر، فإنّ الطبيعة البشرية المنبثقة منه بدت بالضرورة ثابتة وغير قابلة للتغيير أيضاً.

نشأ الاعتقاد القائل بأنّ الدماغ لا يمكن أن يتغير من ثلاثة مصادر رئيسية: 1) حقيقة أنّ المرضى المصابين بتلف دماغي لا يمكن أن يتعافوا بشكلٍ تام إلا نادراً جداً، و2) عجزنا عن ملاحظة النشاطات المجهرية **الحيّة** للدماغ، و3) فكرة أنّ الدماغ يشبه آلة رائعة، وهي فكرة يرجع تاريخها إلى بدايات العلم الحديث. وفي حين أنّ الآلات تنجز العديد من الأعمال الاستثنائية، إلا أنها لا تنمو ولا تتغيّر.

أصبحتُ مهتماً بفكرة الدماغ المتغيّر بسبب عملي كطبيب نفسي وكمحلّل نفسي باحث. عندما لم يتقدّم المرضى سيكولوجياً بقدر ما أُمِل، كانت الحكمة الطبّية التقليدية غالباً أنّ مشاكلهم كانت "مُحكمَة الدوائر الكَهربائية" بعمق في دماغٍ غير قابل للتغيّر. وكان مصطلح "الدوائر الكهربائية المُحكَمة" هو استعارة آلة أخرى مصدرها الفكرة التي تشبّه الدماغ بعتاد الكمبيوتر، حيث الدوائر الكهربائية الموصولة بشكلٍ دائم، والتي صُمِّم كل منها للقيام بوظيفة محدّدة غير قابلة للتغيير.

حين سمعت لأول مرة أنّ الدماغ البشري قد لا يكون "مُحكَم الدوائر الكهربائية"، كان لا بدّ لي من تقصّي الأمر والتفكير ملياً بالدليل. وقد شغلتني هذه الاستقصاءات كثيراً عن عيادتي.

بدأتُ سلسلةً من الأسفار، والتقيت خلال ذلك بمجموعةً من العلماء المتألّقين، هم روّاد علم الدماغ، الذين قاموا في أواخر ستينيات أو أوائل سبعينيات القرن الماضي بسلسلة من الاكتشافات غير المتوقّعة. أظهر هؤلاء العلماء أنّ الدماغ غيّر تركيبه مع كل نشاط مختلف قام بتأديته، محسّناً دوائره الكهربائية إلى الحدّ الأمثل بحيث إنه كان ملائماً بشكلٍ أفضل للمهمة بين يديه. فإذا فشلت "أجزاء" معينة، فإنّ أجزاء أخرى يمكن أحياناً أن تتولّى المهمة بالنيابة عنها. ولم تستطع استعارة الآلة التي تشبّه الدماغ بعضو ذي أجزاء متخصّصة أن تفسّر بشكلٍ تامّ التغيّرات التي كان العلماء يرونها. وبدأوا يطلقون على هذه الخاصية الأساسية للدماغ اسم "اللدونة العصبية *neuroplasticity*".

اللدونة هي المطاوعة والقابلية للتغيير والتعديل. وهكذا يشير مصطلح اللدونة العصبية إلى ليونة الخلايا العصبية في أدمغتنا وأجهزتنا العصبية وقابليتها للتغيير. لم

يجــرؤ العديــد من العلماء في البداية على استخدام مصطلح "اللدونة العصبية" في منشوراتهم، واستخفّ بهم نظراؤهم لترويجهم فكرة خيالية كهذه. ومع ذلك، فقد تـــشبّث هـــؤلاء العلمـــاء بفكرهم، ليعكسوا ببطء مبدأ الدماغ غير المتغيِّر. أظهر العلمـــاء أنّ القدرات العقلية التي يُولَد بها الأطفال ليست دائماً ثابتة، وأنّ الدماغ التالف يستطيع غالباً أن يميّز نفسه بحيث إذا أخفق جزءٌ منه فإنّ جزءاً آخر يمكن أن يحلّ محله، وأنه إذا ماتت خلايا الدماغ فمن الممكن استبدالها أحياناً، وأنّ العديد من "الدوائـــر الكهربائية" وحتى الأفعال المنعكسة الأساسية التي نظنّ أنها مُحكمَة هي ليست كذلك. وقد أظهر واحدٌ من هؤلاء العلماء أنّ التفكير والتعلُّم والفعل يمكن أن تُـــشغِّل جيناتـــنا أو توقفها عن العمل، مُشكِّلةً بالتالي التركيب البنيوي لدماغنا وســـلوكنا، وهذا الاكتشاف هو بكل تأكيد واحدٌ من أكثر الاكتشافات استثنائيةً في القرن العشرين.

التقيت خلال أسفاري عالِماً مكّن أشخاصاً كانوا عُمياناً منذ ولادتهم من أن يـــروا مـــن جديد. وتحدّثت مع أناسٍ كانوا قد أصيبوا بسكتات دماغية قبل عقود وأُكّـــد لهـــم أنهـــم غير قابلين للشفاء، ولكنهم تعافوا باستخدام علاجات اللدونة العـــصبية. والتقـــيتُ أناســـاً تمّ علاج اضطراباتهم التعلُّمية ورفع حاصل ذكائهم. ورأيت أدلّة تبيّن أنه من الممكن لمسنّين في الثمانين من عمرهم أن يزيدوا من حدّة ذاكـــرتهم لتعمل كما كانت حين كانوا في الخامسة والخمسين من العمر. ورأيتُ أناســـاً يجـــدّدون اتصالات دماغهم الكهربائية بأفكارهم، ليشفوا بذلك صدمات ووســـاوس كانـــت غير قابلة للشفاء قبلاً. وتحدّثتُ إلى حائزين على جائزة نوبل كانوا يناقشون بحماسة كيف يجب أن نعيد التفكير بنموذج الدماغ الذي ابتدعناه لأنفسنا بعد أن عرفنا الآن أنه يتغيّر باستمرار.

إنّ فكرة أنّ الدماغ يمكن أن يغيّر تركيبه من خلال التفكير والنشاط هي - برأيـــي - التعديل الأهمّ في نظرتنا للدماغ منذ أن وضعنا لأول مرة مخطّطاً لتركيبه البنـــيوي الأساســـي وأعمال مكوِّنه الأساسي، ألا هو العصبون أو الخلية العصبية. ومثل جميع الثورات، ستكون لهذه الثورة تأثيرات عميقة، وأنا آمل بأنّ هذا الكتاب سيبدأ في تبيان بعضها. إنّ لثورة اللدونة العصبية آثاراً، من بين أشياء أخرى، على فهمنا للكيفية التي يغيّر بها الحبّ، والحزن، والعلاقات، والتعلّم، والإدمان، والثقافة،

والتكنولوجـيا، والعلاجات النفسية، أدمغتنا. وتمتد هذه الآثار لتشمل جميع العلوم الإنـسانية، والعلـوم الاجتماعية، والعلوم الفيزيائية، طالما أنها تتعامل مع الطبيعة البـشرية، بالإضافة إلى جميع أشكال التدريب. سيكون على جميع فروع العلم هذه أن تـتوافق مـع حقيقة الدماغ المتغيّر ذاتياً ومع حقيقة أنّ بناء الدماغ يختلف من شخصٍ إلى آخر وأنه يتغيّر في سياق حياتنا الفردية.

وفي حـين أنّ الـدماغ البشري قد بخس ظاهرياً قدر نفسه، إلا أنّ اللدونة العـصبية ليـست كلـها أخباراً جيدة. صحيحٌ أنها تجعل أدمغتنا "واسعة الحيلة"، ولكـنها أيضاً تجعلها أكثر عرضة للتأثيرات الخارجية. تملك اللدونة العصبية القوة لإنـتاج سلوك أكثر مرونة ولكن أكثر صلابة أيضاً – وهي ظاهرة أطلق عليها أنا اسـم "التناقض اللدن". ومن سخرية القدر أنّ بعضاً من أكثر عاداتنا واضطّراباتنا استعـصاءً هـو نـتاجٌ للدونتنا. فعندما يحدث تغيُّر لدن معيّن في الدماغ ويصبح راسـخاً، يكون بإمكانه أن يمنع حدوث تغيّرات أخرى. ولا يمكننا أن نفهم فعلياً مدى الإمكانيات البشرية إلا بفهم التأثيرات السلبية والإيجابية على حدّ سواء.

وحـيث إنه من المفيد استخدام مصطلح جديد لأولئك الذين يقومون بشيء جديـد، فـإنّ المصطلح الذي اخترته لممارسي هذا العلم الجديد الخاص بالأدمغة المتغيّرة هو "اختصاصيو اللدونة العصبية *neuroplasticians*".

وفيما يلي قصة لقاءاتي معهم ومع المرضى الذين حوّلوا حياتهم.

1

امرأة تقع باستمرار...

أُنقِذت بواسطة الرجل الذي اكتشف لدونة حواسنا

ورأوا الأصوات.

سِفْر الخروج 20:18

تشعر شيريل شيلتز كما لو كانت تقع باستمرار. ولأنها تشعر أنها تقع، فهي تقع بالفعل.

عندما تقف شيريل بدون دعم، تبدو خلال لحظات كما لو كانت تقف على جرفٍ على وشك الانهيار. يترنّح رأسها أولاً ويميل إلى جانبٍ واحد، وتمتد ذراعاها للأمام في محاولة لموازنة وقفتها. وسرعان ما يتحرك جسمها بأكمله على نحوٍ فوضوي جيئةً وذهاباً، وتبدو مثل شخصٍ يمشي على حبل البهلوان في تلك اللحظة المتأرجحة المضطّربة قبل فقده لتوازنه - باستثناء أنّ قدميها مثبّتتان بقوةٍ على الأرض وبعيدتان عن بعضهما بعضاً. وهي لا تبدو كما لو كانت خائفة من السقوط فحسب، بل خائفة أيضاً من أن يتمّ دفعها.

أقول لها: "تبدين مثل شخص يتأرجح على جسر".

"نعم. أشعر أني سوف أقفز، رغم أني لا أريد ذلك".

وبمراقبتها بإمعان أكثر، يمكنني أن أرى أنها ترتجّ عندما تحاول أن تقف ساكنةً، كما لو كانت هناك عصابة غير مرئية من قطّاع الطرق تدفعها تارةً من

هـــذا الجانب وتارةً من ذاك، مُحاوِلةً أن توقعها بقسوة. ولكنّ الحقيقة هي أنّ هذه العــصابة موجــودة داخلها فقط وهي تهاجمها على هذا النحو منذ خمس سنوات. حين تحاول شيريل أن تمشي، فهي تستند إلى حائط، ولا تزال مع ذلك تترنّح كما لو كانت سكرانة.

ليس هناك سلامٌ بالنسبة لشيريل، حتى بعد أن تقع على الأرض.

ســألتها: "بمــاذا تشعرين بعد أن تقعي؟ هل يتلاشى إحساس الوقوع عندما تستقرّين على الأرض؟".

تقــول شــيريل: "كانــت هناك أوقاتٌ فقدتُ فيها فعلياً إحساس الشعور بــالأرض... يفتح باب مسحور خيالي ويبتلعني". حتى عندما تقع، لا تزال شيريل تشعر أنها تقع باستمرار في هوّة لا حدود لها.

مــشكلة شيريل هي أنّ جهازها الدهليزي – العضو الحسّي لجهاز التوازن – لا يعمــل. هي تعبة جداً، وإحساسها بأنها تسقط باستمرار يكاد يصيبها بالجنون لأنها لا تستطيع أن تفكّر في أي شيء آخر. وهي تخاف المستقبل. فبعد فترة وجيزة مــن بدء مشكلتها فقدت وظيفتها كمندوبة مبيعات دولية وتعيش الآن على شيك عجــز مــصرفي بقيمة ألف دولار شهرياً. وبدأ ينتابها خوفٌ جديد من التقدّم في السنّ، وتعاني من شكلٍ نادر من القلق لا اسم له.

يــستند واحــدٌ من الأوجه الخفيّة ولكن العميقة لحُسن حالنا على امتلاكنا لإحــساس توازن طبيعي الوظيفة. درس الطبيب النفسي، بال شيلدر، في ثلاثينيات القرن الماضي كيف أنّ إحساس الكينونة الصحي وصورة الجسم "المستقر" يرتبطان بالإحــساس الدهليــزي. عــندما نــتحدث عن "الشعور بالاستقرار" أو "عدم الاســتقرار"، و"الــتوازن" أو "عــدم التوازن"، و"الرسوخ" أو "عدم الرسوخ"، و"الثبات" أو "عدم الثبات"، فنحن نتكلّم لغة دهليزية، تظهر حقيقتها بشكلٍ كامل في أناس مثل شيريل فقط. وعلى نحوٍ لا يثير الدهشة، فإنّ الناس المصابين باضطّرابها غالباً ما ينهارون نفسياً، وقد حاول العديد منهم أن ينتحر.

نحن نملك حواساً لا نعرف أننا نمتلكها إلا عندما نفقدها. والتوازن هو حاسةٌ تعمل عادةً بشكلٍ جيد جداً، وبصورة مستمرة، بحيث إنها غير مُدرَجة ضمن قائمة الحواس الخمس التي وصفها أرسطو وتمّ إغفالها لقرونٍ لاحقة.

يزوّدنا جهاز التوازن بإحساسنا بالاتّجاه في المكان. ويتألّف عضو الإحساس الخاص به، وهو الجهاز الدهليزي، من ثلاث قنوات نصف دائرية في الأذن الداخلية تخبرنا متى نكون منتصبين وكيف تؤثّر الجاذبية في أجسامنا باكتشاف الحركة في حيِّز ثلاثي الأبعاد. تكتشف إحدى القنوات الحركة في المستوى الأفقي، والثانية في المستوى الرأسي، والثالثة أثناء حركتنا للأمام أو للخلف. تحتوي القنوات النصف الدائرية على شعرات صغيرة في حمّام سائل. عندما نحرّك رأسنا، يحرّك السائل الشعرات التي ترسل إشارة إلى دماغنا لتخبرنا بأننا قد زدنا سرعتنا في اتّجاه معيّن. تتطلّب كل حركة تعديلاً مماثلاً في حركات بقية الجسم. فإذا حرّكنا رأسنا للأمام، يخبر دماغنا جزءاً ملائماً من جسمنا أن يعدّل نفسه، لاشعورياً، بحيث إننا نستطيع أن نعادل ذلك التغيير في مركز ثقلنا ونحافظ على توازننا. تنتقل الإشارات من الجهاز الدهليزي على طول عصب إلى كتلة متخصّصة من العصبونات في دماغنا تُدعَى "النوى الدهليزية". تقوم هذه الكتلة بمعالجة الإشارات، ومن ثمّ ترسل الأوامر إلى عضلاتنا لتعديل نفسها. كما أنّ الجهاز الدهليزي السليم له ارتباط قوي أيضاً بجهازنا البصري. عندما تركض وراء حافلة، ورأسك يتّجه تارةً للأعلى وتارةً للأسفل بينما تنطلق بأقصى سرعة للأمام، تكون قادراً على إبقاء تلك الحافلة في مركز نظرتك المحدّقة لأنّ جهازك الدهليزي يرسل رسائل إلى دماغك مُخبراً إياه بسرعتك وبالاتجاه الذي تركض فيه. تتيح هذه الإشارات لدماغك أن يدور ويعدّل موقع مقلتيك لإبقائهما موجّهتين إلى هدفك المتمثّل بالحافلة.

أنا مع شيريل وباول باخ - واي - ريتا، وهو واحدٌ من الروّاد العظام في فهم لدونة الدماغ، وفريقه، في واحد من مختبراته. تبدو شيريل متفائلة بشأن تجربة اليوم وهي صبورة ولكن منفتحة بشأن حالتها. يقوم يوري دانيلوف، وهو اختصاصي الفيزياء الحيوية في الفريق، بإجراء الحسابات على البيانات الخاصة بجهاز شيريل الدهليزي. يوري هو روسي الجنسية، وذكي للغاية، ولديه لكنة عميقة. وهو يقول: "شيريل مريضة فقدت جهازها الدهليزي - خمسة وتسعين بالمئة إلى مائة بالمائة".

حالة شيريل ميئوسٌ منها بأي معيار تقليدي. فوجهة النظر التقليدية ترى الدماغ على أنه مؤلّف من مجموعة من وحدات المعالجة المتخصّصة التي أُحكِمت

دوائـــرها الكهربائية وراثياً لإنجاز وظائف محدّدة. وعندما تتلف إحداها، لا يمكن اســـتبدالها. وبـــسبب تلف جهاز شيريل الدهليزي، فإنّ فرصة شيريل في استعادة توازنها هي مثل فرصة شخص في الرؤية مجدّداً بعد تلف شبكية عينه.

ولكن كل ذلك هو على وشك أن يتمّ تحدِّيه اليوم.

تعتمر شيريل قبعة بناء بفتحات على الجانب وجهاز في داخلها يُدعَى المِعجَل *accelerometer*. ثمّ تلعـــق شريطاً بلاستيكياً رفيعاً عليه أقطاب كهربائية صغيرة، وتـــضعه على لسانها. يُرسل المِعجَل في القبّعة إشارات إلى الشريط، ويتّصل الاثنان بجهـــاز كمبيوتـــر قريب. تضحك شيريل لدى رؤيتها لنفسها والقبّعة على رأسها وتقول: "لأني إذا لم أضحك، سأبكي".

هذه الآلة هي واحدةٌ من النماذج البدئية العجيبة الشكل لباخ - واي - ريتا. ســـتحلّ هذه الآلة محلّ الجهاز الدهليزي لشيريل وترسل إشارات توازن إلى دماغها مـــن لـــسانها. قـــد تعكس القبّعة الكابوس الحالي لشيريل. في العام 1997، وبعد استئـــصال رحم روتيني، أُصيبت شيريل التي كانت آنذاك في التاسعة والثلاثين من عمـــرها بإنـــتان بعـــد الجراحة وأُعطيت المضاد الحيوي "جنتاميسين". يُعرَف أنّ الاســـتعمال المفـــرط للجنتاميسين يسمّم تراكيب الأذن الداخلية ويمكن أن يكون مسؤولاً عن فقد السمع (الذي لا تعاني منه شيريل)، ورنين في الأذنين (تعاني منه)، وتـــدمير لجهاز التوازن. ولأنّ الجنتاميسين رخيص وفعّال، فهو لا يزال يُوصف من قِبَل الأطباء، ولكن لفترة وجيزة عادةً. تقول شيريل أنها أُعطيت الدواء لفترة طويلة تجـــاوزت الحدّ. وهكذا أصبحت شيريل واحدةً ضمن قبيلة صغيرة من مُصابـــي الجنتاميسين المعروفين فيما بينهم بالمترنِّحين.

وعلـــى نحو مفاجئ، اكتشفت شيريل ذات يوم أنها لا يمكن أن تقف دون أن تقع. كانت إذا أدارت رأسها، تتحرّك الغرفة بأكملها. و لم تستطع أن تكتشف إن كانت هي التي تسبّب الحركة أم الجدران. وأخيراً وقفت على قدميها بالاستناد إلى الحائط وحاولت الوصول إلى الهاتف لتتّصل بطبيبها.

وعـــندما وصلت إلى المستشفى، أخضعها الأطباء لاختبارات متنوّعة ليروا إن كانـــت وظيفتها الدهليزية تعمل. وسكبوا ماءً بارداً جداً ودافئاً في أذنيها وأمالوها على الطاولة. وعندما طلبوا منها أن تقف وعيناها مغمضتان، وقعت على الأرض.

وقال لها أحد الأطباء: "ليست لديك وظيفة دهليزية". وأظهرت الاختبارات أنّ ما تبقّى من وظيفتها الدهليزية هو في حدود 2 بالمئة.

تقول شيريل: "كان غيرَ مكترث للغاية وهو يقول: 'يبدو تأثيراً جانبياً للجنتاميسين'". وهنا أصبحت لهجتها منفعلةً: "لماذا لم يتمّ إخباري بذلك؟ قال لي: 'إنه دائم'. كنت بمفردي. كانت أمي قد أخذتني إلى الطبيب، ولكنها ذهبت لتأتي بالسيارة وكانت تنتظرني خارج المستشفى. سألتني أمي: 'هل ستكونين بخير؟' ونظرت إليها وقلت: 'إنه دائم... لن أتعافى من هذا أبداً'".

وبسبب تلف الارتباط بين جهاز شيريل الدهليزي وجهازها البصري، فإنّ عينيها لا تستطيعان أن تتبعا هدفاً متحركاً بسهولة. تقول: "كل شيء أراه يثب مثل فيلم فيديو سيئ لمصوِّر مبتدئ. كل شيء أنظر إليه يبدو مثل "الجيلي"، ومع كل خطوة أخطوها، كل شيء يتهزهز".

ورغم أنها لا تستطيع أن تتتبّع الأشياء المتحرّكة بعينيها، إلا أنها تعتمد على بصرها ليخبرها ما إذا كانت تقف منتصبة. تساعدنا أعيننا على معرفة أين نحن في المكان بالتركيز على خطوط أفقية. حين انطفأت الأضواء مرة، سقطت شيريل فوراً على الأرض. ولكن تبيّن أنّ البصر هو ركيزة غير موثوقة لشيريل لأنّ أي نوع من الحركة أمامها - حتى لو كان شخص يقترب منها - يفاقم شعور السقوط لديها. وحتى الخطوط المتعرّجة على السجادة يمكن أن تجعلها تقلب، وذلك بإطلاق دفعة من الرسائل الخاطئة التي تجعلها تحسب أنها تقف بشكلٍ مائل بينما لا تكون كذلك فعلياً.

تعاني شيريل من إجهاد عقلي أيضاً نتيجة كونها متنبهة بشدة طوال الوقت. يتطلّب الأمر الكثير من قوة الدماغ للحفاظ على وضعٍ منتصب، وقوة الدماغ تلك مأخوذةٌ من وظائف عقلية أخرى مثل الذاكرة والقدرة على الحساب والتفكير المنطقي.

* * *

بينما يهيّئ يوري جهاز الكمبيوتر لشيريل، أطلب من الفريق تجربة الآلة. أضع قبّعة عامل البناء على رأسي وأدسّ في فمي الأداة البلاستيكية ذات الأقطاب الكهربائية، المسمّاة عرض اللسان *tongue display*. هي أداة مسطّحة لا تزيد سماكتها عن سماكة عود اللّبان.

يكتشف المعجَل، أو جهاز الإحساس، في القبّعة الحركة في مستويَين. عندما أومئ برأسي، تُترجَم الحركة على خريطة على شاشة الكمبيوتر تسمح للفريق بمراقبتها. وتسقط الخريطة نفسها على مصفوفة صغيرة من 144 قطباً كهربائياً مزدرعة في الشريط البلاستيكي على لساني. عندما أميل إلى الأمام، تنطلق على مقدّمة لساني صدمات كهربائية تبدو مثل فقاعات الشراب، مخبرةً إياي أني أنحني للأمام. وعلى شاشة الكمبيوتر يمكنني أن أرى أين رأسي. وعندما أميل للخلف، أشعر بدوّامة الشراب على شكل موجة رقيقة عند مؤخّرة لساني. والأمر نفسه يحدث عندما أميل إلى الجانبين. ثمّ أُغمض عينيّ وأجرّب أن أجد طريقي في المكان بلساني. وسرعان ما أنسى أنّ المعلومات الحسّية مصدرها لسان ويكون بإمكاني أن أقرأ أين أنا في المكان.

تستعيد شيريل القبّعة، وتحافظ على توازنها بالإستناد إلى الطاولة.

يقول يوري وهو يضبط جهاز التحكّم: "لنبدأ".

تضع شيريل القبّعة على رأسها وتغمض عينيها، ثم تميل للخلف بعيداً عن الطاولة، مُبقيةً إصبعين عليها لأجل الاتصال. لا تقع شيريل رغم عدم وجود أي مؤشّر لديها لما هو أعلى وما هو أسفل باستثناء دوامة فقاعات الشراب على لسانها. ترفع إصبعيها عن الطاولة، وتقف دون ترنُّح. تبدأ شيريل في البكاء - سيل الدموع الذي يعقب الصدمة. يمكنها أن تفصح الآن أنها تضع القبّعة على رأسها وتشعر بالأمان. لقد هجرها إحساس الوقوع الدائم للمرة الأولى منذ خمس سنوات. وهدفها اليوم أن تقف حرّة لعشرين دقيقة وهي تعتمر القبّعة، محاولةً أن تبقى متمركزة. إنّ الوقوف باستقامة لمدة عشرين دقيقة بالنسبة إلى أي شخص يتطلّب تدريب ومهارة حارسٍ في قصر باكنغهام، فما بالك بشخصٍ مترنِّح؟

تبدو شيريل هادئةً، وتقوم بتعديلات ثانوية. لقد توقّف الارتجاج، وقد تلاشت العفاريت الغامضة التي بدا أنها تقبع داخلها وتدفعها بقوة وعنف. ودماغها يحلّ شيفرة الإشارات القادمة من جهازها الدهليزي الاصطناعي. بالنسبة إليها، فإنّ لحظات السكينة هذه هي معجزة - معجزة لدونة عصبية، لأنّ هذه الإحساسات الواخزة على لسانها، والتي تشقّ طريقها عادةً إلى جزء الدماغ المعروف باسم القشرة الحسّية - الطبقة الرقيقة على سطح الدماغ التي تعالج حاسة اللمس - تشقّ

طـــريقها الآن بطـــريقة أو بأخرى عبر ممرّ جديد في الدماغ إلى منطقة الدماغ التي تعالج التوازن.

يقـــول باخ – واي – ريتا: "نحن نعمل الآن على جعل هذه الأداة صغيرة بما يكفـــي بحـــيث تكون مخبوءة في الفم، مثل أداة تثبيت وضع الفم التي يستخدمها الاختـــصاصي بـــتقويم الأسنان. ذاك هو هدفنا. ومن ثمّ، ستستعيد شيريل، وكل شـــخص يعاني من هذه المشكلة، الحياة الطبيعية. يجب أن تكون شيريل قادرة على استخدام الجهاز، والتحدّث، وتناول الطعام، دون أن يعرف أحدٌ أنها تستخدمه".

ويـــتابع بـــاخ: "ولكنّ هذا لن يؤثّر فقط في الناس الذين أُتلف جهاز توازنهم بـــسبب الجنتاميسين. قرأتُ مقالةً بالأمس في صحيفة **نيويورك تايمز** عن السقطات لـــدى المسنّين[1]. يخاف المسنّون من السقوط أكثر من خوفهم من التعرّض لهجوم. نـــسبة الـــذين يقعون من المسنّين هي الثلث تقريباً، ولأنهم يخشون السقوط، فهم يلازمـــون البـــيت، ولا يستخدمون أطرافهم، ويصبحون بالتالي ضعفاء جسدياً. ولكـــني أعـــتقد أنّ جـــزءاً من المشكلة مردُّه إلى أنّ الحاسة الدهليزية – تماماً مثل الـــسمع، والـــتذوّق، والبصر، وحواسنا الأخرى – تبدأ في الضعف مع تقدّمنا في السنّ. ستساعدهم هذه الأداة".

يقول يوري وهو يطفئ الآلة: "لقد حان الوقت".

وتحدث الآن أعجوبة اللدونة العصبية الثانية. تزيل شيريل أداة اللسان وترفع القبّعة عن رأسها. تبتسم ابتسامة عريضة وتقف حرّة وعيناها مغمضتان، ولا تقع. ومـــن ثمّ تفـــتح عينيها، وبدون أن تلمس الطاولة، ترفع قدماً عن الأرض، وتبقى متوازنة على الأخرى.

تقـــول شـــيريل: "أنـــا أحبّ هذا الرجل"، وتتّجه نحو باخ – واي – ريتا وتـــشكره. ثمّ تتّجه نحوي، وقد فاضت بالعاطفة وأذهلها إحساسها بالأرض تحت قدميها مرة أخرى، وتشكرني أيضاً.

تقول: "أشعر أني ثابتة وراسخة. ليس عليّ أن أفكّر أين هي عضلاتي. يمكنني فعلياً أن أفكّر في أشياء أخرى". وتلتفت إلى يوري وتشكره.

يقـــول يوري الذي يعتبر نفسه شكوكياً مدفوعاً بالبيانات: "يجب أن أؤكّد لمـــاذا تُعتبَر هذه معجزة. لا تملك شيريل تقريباً أيّ جهازٍ للإحساس. وقد زوّدناها

خلال العشرين دقيقة الفائتة بجهاز إحساس اصطناعي. ولكنّ المعجزة الحقيقية هي ما يحدث **الآن** بعد أن أزلنا الجهاز، وليس لديها جهاز دهليزي سواء اصطناعي أو طبيعي. نحن نُوقظ نوعاً ما من القوة داخلها".

حين جرّب الفريق القبّعة للمرة الأولى، اعتمرتها شيريل فقط لدقيقة واحدة. وعندما رفعتها عن رأسها، لاحظ الفريق وجود "تأثير ثُمالي (متبقٍّ أو متخلّف)" استمرّ لحوالى عشرين ثانية، أي ثلث الوقت الذي استخدمتْ فيه الجهاز. ثمّ اعتمرت شيريل القبّعة لدقيقتين واستمر "التأثير الثُمالي" لأربعين ثانية. ومن ثمّ زاد الفريق فترة استخدام الجهاز وصولاً لعشرين دقيقة، متوقّعاً أن يستمر "التأثير الثُمالي" لسبع دقائق تقريباً. ولكن بدلاً من أن يستمر لثلث الوقت، استمرّ لثلاثة أضعاف الوقت، ما يعني ساعة كاملة. يقول باخ – واي – ريتا اليوم أنهم يجرّبون ليروا إن كان استخدام الجهاز لعشرين دقيقة إضافية سيقود إلى نوعٍ ما من التأثير التدريبي، بحيث إنّ التأثير الثُمالي سيستمر حتى لفترة أطول.

بدأت شيريل الآن تهرّج وتتباهى: "أستطيع أن أمشي كامرأة مرة أخرى. قد لا يكون هذا مهماً لمعظم الناس، ولكنه بالنسبة إليّ يعني الكثير لأني لم أعد مضطّرة إلى المشي مُباعدةً بين قدمَيّ".

تقف شيريل على كرسي وتقفز منها إلى الأرض. ثم تنحني وتلتقط أشياء عن الأرض لتُظهر أنها تستطيع أن تُقوِّم نفسها. تقول: "آخر مرة فعلت هذا كنت قادرة على القفز بالحبل في الوقت الثُمالي".

يقول يوري: "المدهش هنا هو أنها لا تحافظ فقط على وضعتها. تتصرّف شيريل تقريباً بشكلٍ طبيعي بعد استخدامها الجهاز لبعض الوقت. التوازن على عارضة، قيادة السيارة... لقد استعادت وظيفتها الدهليزية. وعندما تحرّك رأسها، يمكنها أن تركّز على هدفها. لقد تمّ أيضاً استعادة الارتباط بين الجهازين الدهليزي والبصري".

وأرفع بصري وأرى شيريل ترقص فرحاً.

كيف يمكن تفسير قدرة شيريل على الرقص واستعادة وظيفتها الدهليزية الطبيعية بدون الآلة؟ يعتقد باخ – واي – ريتا أنّ هناك أسباباً عدّة لذلك. وأحد هذه الأسباب هو أنّ جهازها الدهليزي المتلف "ضاجٌّ" ومفتقرٌ إلى التنظيم، ويرسل

رســـائل عشوائية. وبالتالي فإنّ الضجة من النسيج المتلف تعوق أيّة إشارات مُرسَلة بواســـطة النـــسيج السليم. تساعد الآلة على تقوية الإشارات المُرسَلة من أنسجتها الـــسليمة. وهـــو يعتقد أنّ الآلة تساعد أيضاً على تجنيد ممرّات أخرى، وهنا حيث تـــدخل اللدونـــة العـــصبية. يتألّف النظام الدماغي من ممرّات عصبية عديدة، أو عصبونات متّصلة بعضها ببعض وتعمل معاً. فإذا سُدَّت ممرّات أساسية معينة، فإنّ الـــدماغ يستخدم الممرّات الأقدم لتلافيها. يقول باخ – واي – ريتا: "أنا أنظر إلى الأمـــر بهذه الطريقة. إذا كنت تقود سيارتك من هنا إلى ميلووكي، وكان الجسر الرئيسي مُغلقاً، ستُصاب بالإرباك للوهلة الأولى. ومن ثمّ ستسلك طرقاً قديمة ثانوية عـــبر الأراضـــي الـــزراعية. ثمّ عندما تسلك هذه الطرق أكثر، ستجد طرقاً أقصر لتـــستخدمها للوصول إلى حيث تريد، وتبدأ في الوصول إلى هدفك بسرعة أكبر". يـــتمّ إظهـــار أو "كشف" هذه الممرّات العصبية "الثانوية"، وتُقَوَّى مع الاستعمال المتكـــرّر. ويُعتقَد بشكلٍ عام أنّ هذا "الكشف" هو واحدٌ من الطرق الرئيسية التي يميّز بها الدماغ اللدْن نفسه.

إنّ حقـــيقة أنّ شـــيريل تُطيل تدريجياً التأثير الثُمالي تقترح أنّ الممرّ الذي تمّ كشفه يزداد قوة. يأمل باخ – واي – ريتا أنّ شيريل ستتمكّن، مع التدريب، من الاستمرار في إطالة فترة التأثير الثُمالي.

وبعد بضعة أيام يتلقّى باخ – واي – ريتا رسالةً إلكترونية من شيريل، تضم تقريراً عن فترة استمرار التأثير الثُمالي. تقول الرسالة: "كان الوقت الثُمالي الكلي: 3 ساعات و20 دقيقة... يبدأ الترنّح في رأسي؛ مثل العادة تماماً... أجد صعوبةً في إيجاد الكلمات... شعور دُوار في رأسي. مُتعبة، مُنهكة... كئيبة".

يـــا لها من قصة مؤلمة شبيهة بقصة سندريلا. إنّ الانحدار من وضع سويّ هو أمـــرٌ صعبٌ جداً. وعندما يحدث، تشعر شيريل أنها ماتت وعادت للحياة ومن ثمّ ماتـــت ثانيةً. ومن جهة أخرى، فإنّ ثلاث ساعات وعشرين دقيقة بعد استخدام الجهـــاز لعشرين دقيقة فقط هو وقتٌ ثُمالي يعادل عشرة أضعاف وقت استخدام الجهاز. تُعتبَر شيريل المترنّحة الأولى التي تمّ علاجها أبداً، وحتى إذا لم تستطع إطالة الوقت الثُمالي أكثر، فبإمكانها الآن أن تستخدم الجهاز لفترة وجيزة لأربع مرات في الـــيوم، وتعيش حياةً طبيعية. ولكن يوجد سبب وجيه يجعلنا نتوقّع المزيد: يبدو أنّ

دماغ شيريل يدرّب نفسه على إطالة الوقت الثُمالي في كل مرة تستخدم فيها الجهاز. وإذا استمرّ هذا...

... **وقد استمرّ بالفعل.** فخلال السنة التالية استخدمت شيريل الجهاز على نحو أكثر تكراراً لإراحة نفسها وزيادة التأثير الثُمالي. وقد ازداد التأثير الثُمالي تدريجياً إلى عدة ساعات، ثمّ إلى أيام، ثمّ إلى أربعة أشهر. والآن هي لا تستخدم الجهاز بتاتاً و لم تعد تعتبر نفسها مترنّحة.

* * *

في العام 1969، نشرت مجلّة نيتشر *Nature*، وهي دورية العلوم الأولى في أوروبا، مقالاً قصيراً شبيهاً على نحوٍ متميّز بمقالات الخيال العلمي. كان كاتب المقال، باول باخ - واي - ريتا، عالِماً أساسياً وطبيب إعادة تأهيل على حدّ سواء؛ وهو ائتلاف نادر. وصف المقال جهازاً مكّن أناساً كانوا عمياناً منذ الولادة من الرؤية، رغم أنّ شبكية كل منهم جميعاً كانت متلفة وكانوا قد اعتُبِروا غير قابلين للعلاج كلياً[2].

نُشر مقال **نيتشر** أيضاً في صحيفة **نيويورك تايمز**، ومجلّتي **نيوزويك**، **ولايف** *Life*. ولكن لأنّ الإدّعاء بدا صعب التصديق للغاية، فقد غاب الجهاز ومخترعه سريعاً في ظلمة نسبية.

رافقتْ المقال صورةٌ لآلة عجيبة الشكل: كرسي طبيب أسنان كبير وقديم بظهرٍ هزّاز، وكتلة متشابكة من الأسلاك، وأجهزة كمبيوتر ضخمة. صُنِعت الآلة العجيبة من أجزاء مهملة جُمعت مع إلكترونيات ستينيات القرن العشرين، وبلغ وزنها أربعمائة رطل (180 كلغ).

جلس على الكرسي شخصٌ أعمى خِلقياً - لم يختبر تجربة البصر أبداً - خلف آلة تصوير كبيرة بحجم آلات التصوير المستخدمة في استوديوهات التلفزيون في ذلك الوقت. "مسح" الشخص مشهداً أمامه بإدارة ذراع تدوير (كرنك) يدوية لتحريك الكاميرا التي أرسلت إشارات كهربائية للصورة إلى جهاز كمبيوتر قام بمعالجتها. ومن ثمّ نُقلت الإشارات الكهربائية إلى أربعمائة منبّه متذبذب، منظّمة في صفوف على صفيحة معدنية موصولة إلى داخل ظهر الكرسي، بحيث إنّ المنبّهات استندت إلى جلد الشخص الأعمى الخاضع للاختبار. عملت المنبّهات كنقاط

شاشـــة تتذبذب للجزء المعتم من المشهد وتبقى ساكنة للظلال الأكثر إضاءة. هذا الجهـــاز الـــذي أطلِق عليه اسم "جهاز الرؤية اللمسية"، مكّن العميان الخاضعين للاختبار من القراءة، وتمييز الوجوه والظلال، وتمييز أي الأشياء كانت أقرب وأيها أبعـــد. وأتاح لهم أيضاً أن يكتشفوا المنظورية ويلاحظوا كيف يتغيّر شكل الأشياء اعتماداً على الزاوية التي يُنظَر إليها منها. تعلّم الأشخاص الستة الخاضعون للاختبار أن يميّزوا أشياء مثل الهاتف، حتى لو كان محجوباً جزئياً بواسطة زهرية. كان ذلك في ستينيات القرن الماضي، وقد تعلّموا حتى أن يميّزوا صورةً لعارضة الأزياء الخارقة تويغي.

اختـــبر جمـــيع الذين استخدموا جهاز الرؤية اللمسية الأخرق نسبياً تجربةً إدراكـــية حسّية مدهشة، أثناء انتقالهم من الإحساسات اللمسية إلى "رؤية" الناس والأشياء.

مع قليلٍ من التدريب، بدأ العميان الخاضعون للتجربة يختبرون المكان أمامهم كحيّـــز ثلاثي الأبعاد، على الرغم من أنّ المعلومات الداخلة إليهم هي من مصفوفة ثنائـــية الـــبعد على أظهرهم. إذا رمى أحدهم كرةً نحو آلة التصوير، فإنّ الخاضع للاختـــبار كـــان يقفـــز تلقائياً إلى الخلف ليتجنّبها. وإذا نُقلت صفيحة المنبّهات المـــتذبذبة من أظهرهم إلى بطونهم، فإنّ الخاضعين للتجربة كانوا يستمرّون في فهم المـــشهد بدقـــة على أنه يحدث أمام آلة التصوير. وإذا دُغدِغوا قرب المنبّهات، لم يخلطـــوا بين الدغدغة ومنبّه بصري. إنّ تجربتهم العقلية الإدراكية الحسّية لم تحدث علـــى ســـطح الجلـــد، وإنما في العالم. لقد كانت إدراكاتهم الحسّية معقّدة. ومع الـــتدريب، كـــان بإمكـــان الخاضعين للتجربة أن يحرّكوا آلة التصوير فيما حولهم ويقولـــوا أشياء مثل: "تلك بيتي. إنها تسدل شعرها اليوم ولا تلبس نظاراتها. فمها مفـــتوح وهي تحرّك يدها اليمنى من جانبها الأيمن إلى مؤخّرة رأسها". صحيح أنّ درجـــة الوضوح كانت غالباً ضعيفة، ولكن كما يفسّر باخ - واي - ريتا، يجب بالـــضرورة أن لا تكـــون الرؤية مثالية كي تُعتبَر رؤية. ويسأل: "عندما نسير على طـــول شارع يلفّه الضباب ونرى الخطوط الكفافية لمبنى، هل نراه بأيّ صورة أقلّ بـــسبب الافتقار إلى درجة وضوح عالية؟ عندما نرى شيئاً بالأبيض والأسود، هل نحن لا نراه بسبب الافتقار إلى اللون؟".

هذه الآلة المنسية الآن كانت من بين أول وأجرأ تطبيقات اللدونة العصبية – محاولـــة استخدام واحدة من الحواس لتحلّ محلّ أخرى – وقد نجحت. ومع ذلك فقـــد اعتُبـــرت غير مقنعة وتمّ تجاهلها لأنّ التوجّه العقلي العلمي في ذلك الوقت افتـــرض أنّ تركيب الدماغ ثابت، وأنّ حواسنا – السُبُل التي تصل بها التجربة إلى عقولـــنا – هـــي "مُحكمـــة الدوائر الكهربائية". هذه الفكرة التي لا يزال العديد متمـــسّكاً بها، تُعرف باسم "التمركزية *localizationism*". وهي ترتبط على نحو وثـــيق بالفكرة القائلة إنّ الدماغ يشبه آلة معقّدة مكوّنة من أجزاء يؤدّي كل منها وظـــيفة عقلية محدّدة ويوجد في **موقع** محدّد وراثياً أو مُحكم الدوائر الكهربائية. إنّ الدماغ ذا الدوائر الكهربائية الثابتة، الذي يكون لكل وظيفة عقلية فيه موقعٌ ثابت، لا يترك مجالاً للّدونة العصبية إلا قليلاً.

إنّ فكـــرة الـــدماغ الشبيه بالآلة قد ألهمت ووجّهت علم الأعصاب منذ أن اقتُـــرحت لأول مرة في القرن السابع عشر، حيث حلّت محلّ أفكارٍ أكثر غموضاً بـــشأن الروح والجسد. فالعلماء الذين أثارت اكتشافات غاليليو (1564–1642) إعجـــابهم، حيث بيّن أنّ الكواكب يمكن أن تُفهَم كأجسام لاحيّة تتحرّك بواسطة قـــوى ميكانيكـــية، اعتقدوا بأنّ كل الطبيعة تعمل كساعة كونية كبيرة خاضعة لقوانين الفيزياء وبدأوا في تفسير الكائنات الحية الفردية، بما فيها أعضاؤنا الجسدية، ميكانيكياً كما لو كانت هي أيضاً آلات. هذه الفكرة القائلة بأنّ كل الطبيعة هي مـــثل آلات ميكانيكـــية ضـــخمة، وأنّ أعضاءنا شبيهة بالآلة، حلّت محلّ الفكرة الإغـــريقية الـــتي دامـــت لألفي سنة وصوّرت كل الطبيعة ككائن حي ضخم[3]، وأعـــضاءنا الجسدية مثل أي شيء إلا كآليات لاحيّة. ولكنّ الإنجاز الأول الكبير "لعلم الأحياء الميكانيكي" الجديد هذا كان إنجازاً مبتكراً وذكياً. درس وليام هارفي (1578–1657) علـــم التـــشريح في بـــادوا في إيطاليا حيث كان يحاضر غاليليو، واكتـــشف كيف يدور الدمّ في أجسامنا ووضّح أنّ القلب يعمل مثل مضخّة، التي هـــي بالطبع آلة بسيطة. وسرعان ما بدا للعديد من العلماء أنه من أجل أن يكون أي تفسير علمياً لا بدّ أن يكون ميكانيكياً؛ أي خاضعاً لقوانين الحركة الميكانيكية. وبعد هارفي، جادل الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت (1596–1650) بأنّ الدماغ والجهـــاز العـــصبـــي يعملان أيضاً مثل مضخّة. جادل ديكارت بأنّ أعصابنا هي

أنابيب فعلية تمتدّ من أطرافنا إلى الدماغ والظهر. كان ديكارت أول من وضع نظريةً لكيفية عمل الأفعال المنعكسة، مقترحاً أنه عندما يتمّ لمس شخصٍ على الجلد، فإنّ مادةً سائلة في الأنابيب العصبية تتدفّق إلى الدماغ و"تُعكَس" ميكانيكياً على طول الأعصاب لتحرّك العضلات. وعلى قدر ما بدا اقتراحه بسيطاً، إلا أنه لم يكن بعيد الاحتمال جداً. وسرعان ما نقّح العلماء صورته البدائية مجادلين بأنّ ما يتحرّك خلال الأعصاب ليس سائلاً ما وإنما تيار كهربائي. إنّ فكرة ديكارت بشأن الدماغ كآلة معقّدة بلغت ذروتها في فكرتنا الحالية بشأن الدماغ ككمبيوتر وفي "التمركزية". ومثل الآلة، أصبح يُنظَر إلى الدماغ على أنه مؤلّف من عدة أجزاء يقع كل منها في موقع مسبق التعيين، ويؤدّي وظيفة وحيدة، بحيث إنه إذا تُلف جزء من هذه الأجزاء، لا يمكن فعل شيء لاستبداله؛ فرغم كل شيء، لا تنبت الآلات أجزاء جديدة[4].

طُبِّقت فكرة "التمركزية" على الحواس أيضاً، حيث خُمِّن أنّ كل حاسةٍ من حواسنا – البصر، السمع، الذوق، اللمس، الرائحة، التوازن – تملك خلية مُستقبِلة تتخصّص في اكتشاف واحد من أشكال الطاقة المتنوّعة حولنا[5]. ترسل هذه الخلايا المستقبِلة، عند تنبيهها، إشارةً كهربائية على طول عصبها إلى منطقة دماغية محدّدة تعالج تلك الحاسة. اعتقد معظم العلماء أنّ هذه المناطق الدماغية كانت متخصّصة جداً بحيث لا يمكن لمنطقة منها أن تقوم أبداً بعمل منطقة أخرى.

كان باول باخ – واي – ريتا هو الوحيد تقريباً بين زملائه في رفضه لهذه الإدعاءات التمركزية، حيث اكتشف أنّ حواسنا تملك طبيعة لدنة على نحوٍ غير متوقّع، وأنه إذا تُلفت إحداها، يمكن لأخرى أن تحلّ محلها أحياناً، وهي عملية يطلق عليها اسم "الاستبدال الحسّي". وطوّر طرقاً لاستحثاث الاستبدال الحسّي وأجهزةً تعطينا "حواساً خارقة". وباكتشاف أنّ الجهاز العصبي يمكن أن يتكيّف للرؤية مع آلات التصوير بدلاً من شبكيات العين، هيّأ باخ – واي – ريتا الأرضية العملية للأمل الأعظم للمكفوفين: زراعة الشبكية التي يمكن أن تُقحَم جراحياً في العين.

خلافاً لمعظم العلماء الذين يلتزمون حقلاً واحداً، أصبح باخ – واي – ريتا خبيراً في حقول عدة: الطبّ، وعلم العقاقير النفسي، والفسيولوجيا العصبية العينية

(دراسة عضلات العين)، والفسيولوجيا العصبية البصرية (دراسة البصر والجهاز العصبي)، والهندسة الطبية الحيوية. وهو يتبع الأفكار أينما أخذته، ويتكلّم خمس لغات وعاش لفترات ممتدة في إيطاليا وألمانيا وفرنسا والمكسيك والسويد وفي كامل أنحاء الولايات المتحدة. واشتغل في مختبرات علماء عظام وحائزين على جائزة نوبل، ولكنه لم يهتم أبداً برأي الآخرين فيه ولا يمارس الألعاب السياسية التي يمارسها العديد من الباحثين من أجل الفوز. وبعد أن أصبح طبيباً، تخلّى عن الطبّ وتحوّل إلى البحث الأساسي. وقد طرح أسئلة بدت أنها تتحدّى التفكير السليم، مثل: "هل العيون ضرورية للرؤية، والآذان للسمع، والألسنة للتذوّق، والأنوف للشمّ؟" ومن ثمّ حين بلغ الرابعة والأربعين من العمر، وبعقله الذي لا يعرف الراحة أبداً، تحوّل مرةً أخرى إلى الطبّ وبدأ فترة تخصّص طبية بأيامها الطويلة ولياليها النشطة، في واحد من أكثر الاختصاصات كآبة على الإطلاق: طبّ إعادة التأهيل. كان طموحه أن يحوِّل ركوداً فكرياً إلى علم بتطبيق ما تعلّمه بشأن اللدونة العصبية عليه.

باخ – واي – ريتا هو رجلٌ متواضعٌ كلياً. فهو مولَع بالبذلات الرخيصة ويرتدي ثياب جيش الخلاص متى ما سمحت له زوجته بالإفلات بها. ويقود سيارة صدئة عمرها اثنا عشر عاماً، بينما تقود زوجته سيارة جديدة من طراز Passat.

رأسه ممتلئ بشعر رمادي كثيف متموّج، وهو يتحدّث بلطف وبسرعة، ولديه بشرة داكنة لرجلٍ متوسّطي ذي أصول أسبانية ويهودية، ويبدو أصغر سناً بكثير من سنوات عمره البالغة ستة وتسعين عاماً. وهو عقلي بكل وضوح ولكنه يشعّ دفئاً صبيانياً تجاه زوجته إستر، وهي مكسيكية من أصول مايانية.

اعتاد باخ – واي – ريتا على كونه دخيلاً. فقد نشأ في برونكس وكان طوله متراً ونصف المتر تقريباً عندما دخل المدرسة الثانوية بسبب مرض غامض أصابه وأعاق نموّه لثماني سنوات، ولمرّتين أظهر التشخيص التمهيدي إصابته بابيضاض الدم. كان يُضرَب من قِبَل الطلاب الأكبر كل يوم وقد طوّر خلال تلك السنوات قدرة احتمال استثنائية للألم. وفي الثانية عشرة من عمره، انفجرت زائدته الدودية وتمّ حينها تشخيص مرضه الغامض بشكلٍ صحيح، حيث تبيّن أنه كان شكلاً نادراً من التهاب الزائدة الدودية المزمن. وهكذا زاد طوله بمقدار عشرين سنتيمتراً واستطاع الفوز في أول عراك له.

نحن نقود عبر ماديسون في وسكونسن، حيث مقرّ سكنه عندما لا يكون في المكسيك. هو مجرّد من الغرور، فبعد ساعات عديدة من حديثنا معاً، لم تفلت منه إلا ملاحظة وحيدة شبه مُهنِّئة للنفس.

يقول وهو يبتسم: "يمكنني أن أربط أي شيء بأي شيء".

يقول: "نحن نرى بأدمغتنا، وليس بأعيننا".

يعاكس هذا الإدّعاء الفكرة البديهية القائلة بأننا نرى بأعيننا، ونسمع بآذاننا، ونتذوّق بألسنتنا، ونشمّ بأنوفنا، ونشعر بجلدنا. من سيتحدّى حقائق كتلك؟ ولكن بالنسبة لباخ - واي - ريتا، فإنّ أعيننا تستشعر فقط التغيّرات في الطاقة الضوئية، ولكنّ أدمغتنا هي التي تدرك عن طريق الحواس ومن ثمّ ترى.

ليس مهماً لباخ - واي - ريتا كيف يدخل الإحساس إلى الدماغ. يقول: "عندما يستخدم رجلٌ أعمى عصاً، فهو يؤرجحها جيئة وذهاباً، ولديه نقطة واحدة فقط هي طرف العصا تُغذّيه بالمعلومات من خلال مُستقبِلات الجلد في اليد. ومع ذلك، فإنّ هذا التأرجح يتيح له أن يكتشف أين هي عضادة الباب، أو الكرسي، أو أن يميّز قدماً عندما يصطدم بها، لأنها ستُحدث قليلاً من الضغط. ومن ثمّ يستخدم الأعمى هذه المعلومات لإرشاد نفسه إلى الكرسي ليجلس عليه. ورغم أنّ أجهزة الإحساس في يده هي حيث يحصل على المعلومات وحيث "تتواصل" العصا معه، فإنّ ما يدركه **ذاتياً** ليس ضغط العصا على يده وإنما تصميم الغرفة: الكراسي، الجدران، الأقدام، الحيّز الثلاثي الأبعاد. يصبح السطح المستقبِل الفعلي في اليد مجرّد مُرحِّل للمعلومات، أو مرفأ بيانات. يخسر السطح المستقبِل هويّته في العملية".

حدّد باخ - واي - ريتا أنّ الجلد ومُستقبلاته اللمسية يمكن أن تحلّ محلّ الشبكية، لأن كلا الجلد والشبكية عبارة عن صفيحة ثنائية البعد مغطّاة بمستقبلات حسّية تسمح لصورة بالتشكُّل عليها[6].

إنّ إيجاد مرفأً بيانات جديد أو طريقة لإيصال الإحساسات إلى الدماغ هو شيء، وقيام الدماغ بحلّ شيفرة هذه الإحساسات الجلدية وتحويلها إلى صوَر هو شيء آخر. من أجل القيام بذلك، يجب على الدماغ أن يتعلّم شيئاً جديداً، ويجب على جزء الدماغ المكرّس لمعالجة اللمس أن يتكيّف لتقبُّل الإشارات الجديدة.

تقتضي هذه التكيّفية ضمناً أنّ الدماغ لدْن بمعنى أنه يمكن أن يميّز جهازه الإدراكي الحسّي.

إذا كــان الدماغ يستطيع أن يميّز نفسه، فإنّ التمركزية البسيطة لا يمكن أن تكــون صورةً صحيحة للدماغ. في البداية، كان باخ - واي - ريتا نفسه مؤيّداً لفكرة التمركزية، ومتأثّراً بإنجازاتها الرائعة. اقتُرِحت التمركزية الجدّية لأول مرة في العام 1861 عندما صادف الجرّاح باول بروكا مريضاً أصيب بسكتة دماغية وفقد القــدرة على الكلام وكان بإمكانه أن يتفوّه بكلمة واحدة فقط. فبغضّ النظر عن الــسؤال الذي كان يُطرَح عليه، كان الرجل المسكين يجيب: "تان،تان". وعندما توفّي، شرّح بروكا دماغه واكتشف نسيجاً متلفاً في الفصّ الجبهي الأيسر. ارتاب الــشكوكيون في أن تكون مَلَكة الكلام متمركزة في جزء واحد من الدماغ إلى أن أراهــم بــروكا النسيج المتضرّر، ومن ثمّ بلّغ عن مرضى آخرين كانوا قد فقدوا القــدرة على الكلام وتبيّن وجود تلف لديهم في المكان نفسه. وأصبح يُطلق على ذلــك المكــان اسم "منطقة بروكا" وافتُرِض أنه ينسّق حركات عضلات الشفتين واللسان. وبعد ذلك بفترةٍ وجيزة، ربط طبيبٌ آخر يُدعَى كارل ويرنيك التلف في مــنطقة أخــرى خلفــية من الدماغ بمشكلة مختلفة: العجز عن فهم اللغة. اقترح ويــرنيك أنّ المــنطقة المــتلفة كانــت مسؤولة عن التمثيلات العقلية للكلمات والاســتيعاب، وأصــبحت تُعرَف باسم "منطقة ويرنيك". وعلى مدى المائة سنة التالــية أصــبحت التمركزية أكثر تحديداً عندما نقّحت الأبحاث الجديدة خريطة الدماغ.

ولكــن للأسف سرعان ما بولِغ في مسألة التمركزية. فقد انتقلت من كونها سلــسلة مــن الارتباطات المثيرة للاهتمام (ما لوحِظ من أنّ تلف مناطق محدّدة في الــدماغ يــؤدّي إلى فقدان وظائف عقلية محدّدة) إلى نظرية عامة أعلنت أنّ كل وظيفة دماغية لديها موقعٌ واحد فقط - "مُحكَم الدوائر الكهربائية" - وهي فكرة تمّ تلخيصها بعبارة "وظيفة واحدة، موقع واحد"[7]، ما يعني أنه إذا أُتلِف جزءٌ من الدماغ، فليس بإمكان الدماغ أن يميّز نفسه أو يستعيد تلك الوظيفة المفقودة.

وبــدأ عــصرٌ معتم للّدونة العصبية، وتمّ تجاهل أية استثناءات لفكرة "وظيفة واحدة، موقع واحد". درس جولز كوتارد في العام 1868 أطفالاً كانوا يعانون من

اعتلال دماغي خطير دُمِّر فيه نصف الكرة الدماغية الأيسر (بما فيه منطقة بروكا). ومع ذلك، كان بإمكان هؤلاء الأطفال أن يتكلّموا بشكلٍ طبيعي[8]. وعنى هذا أنه حتى لو كان من شأن الكلام أن يُعالَج في النصف الدماغي الأيسر، كما ادّعى بروكا، فإنّ الدماغ قد يكون لدْناً بما يكفي لتمييز نفسه إذا لزم الأمر. وفي العام 1876، أزال أوتو سولتمان القشرة الحركية من جراء الكلاب والأرانب - وهو جزء الدماغ الذي ظُنّ أنه مسؤول عن الحركة - ووجد أنها مع ذلك كانت قادرة على الحركة[9]. ولكنّ هذه الاكتشافات حُجِبت في موجة حماسة مؤيّدي التمركزية.

توصّل باخ - واي - ريتا إلى الشكّ في التمركزية حين كان في ألمانيا في أوائل ستينيات القرن الماضي. كان قد انضمّ إلى فريق يدرس كيف تعمل حاسة البصر باستخدام أقطاب كهربائية لقياس التفريغ الكهربائي من منطقة المعالجة البصرية في دماغ قطة. توقّع الفريق تماماً بأنه عندما يُري القطة صورة، فإنّ القطب الكهربائي في منطقة المعالجة البصرية في دماغها سيرسل إشارة كهربائية بارزة تبيّن أنها تعالج تلك الصورة. وهو ما حدث بالفعل. ولكن عندما مُسّت قدم القطة مصادفةً، اتّقدت المنطقة البصرية أيضاً مشيرةً إلى أنها كانت تعالج اللمس أيضاً[10]. ووجد الفريق أنّ المنطقة البصرية كانت نشطة أيضاً لدى سماع القطة الأصوات.

بدأ باخ - واي - ريتا يفكّر في أنّ فكرة التمركزية المتمثّلة بعبارة "وظيفة واحدة، موقع واحد"، لا يمكن أن تكون صحيحة. كان الجزء "البصري" من دماغ القطة يعالج وظيفتين أخريين على الأقل، هما اللمس والصوت. وبدأ يعتبر معظم الدماغ ذا "تعدّدية حسّية" - أي أنّ مناطقه الحسّية كانت قادرة على معالجة إشارات من أكثر من حاسة واحدة.

يمكن لهذا أن يحدث لأنّ جميع مستقبلاتنا الحسّية تترجم أنواعاً مختلفة من الطاقة من العالم الخارجي، بغضّ النظر عن المصدر، إلى أنماط كهربائية تُرسَل إلى أعصابنا. وهذه الأنماط الكهربائية هي اللغة العالمية "المنطوقُ بها" داخل الدماغ؛ ليست هناك صوَر بصرية، أو أصوات، أو روائح، أو مشاعر تتحرّك داخل عصبوناتنا. أدرك باخ - واي - ريتا أنّ المناطق التي تعالج هذه النبضات الكهربائية هي أكثر تجانساً بكثير ممّا قدّر علماء الأعصاب[11]، وهو اعتقادٌ تمّ تعزيزه عندما

اكتشف عالم الأعصاب فيرنون ماونتكاسل أنّ القشرة البصرية، والقشرة السمعية، والقشرة الحسّية، تملك جميعاً بنية معالجة مماثلة من ستّ طبقات. وبالنسبة إلى باخ - واي - ريتا، فقد عنى ذلك أنّ أي جزء من القشرة يجب أن يكون قادراً على معالجة أية إشارات كهربائية تُرسَل إليه، وأنّ وحداتنا الدماغية، بالرغم من كل شيء، ليست متخصّصة جداً.

وعلى مدى السنوات القليلة التالية، بدأ باخ - واي - ريتا في دراسة جميع الاستثناءات لفكرة التمركزية[12]. وبمعرفته للغات، فقد نقّب عن المعلومات في المنشورات العلمية الأقدم غير المترجمة وأعاد اكتشاف عملٍ علمي أُنجِز قبل أن تسيطر الأشكال الأكثر صلابة من التمركزية. اكتشف باخ - واي - ريتا عمل ماريه - جان - بيير فلورنز[13]، الذي أظهر في عشرينيات القرن التاسع عشر أنّ الدماغ استطاع إعادة تنظيم نفسه. وقرأ عمل بروكا بالفرنسية، الذي غالباً ما يُقتبَس منه ولكن نادراً ما يُترَجم، ووجد أنّ بروكا نفسه لم يغلق الباب في وجه اللدونة العصبية كما فعل تابعوه.

كان لنجاح آلة الرؤية اللمسية أثرٌ كبيرٌ في إلهام باخ - واي - ريتا لإعادة ابتداع صورته للدماغ البشري. فرغم كل شيء، لم تكن آلته هي المعجزة، وإنما الدماغ الذي كان حياً، ومتغيّراً، ومتكيّفاً مع الأنواع الجديدة من الإشارات الاصطناعية. وكجزء من إعادة التنظيم، خمّن باخ - واي - ريتا أنّ الإشارات من حاسة اللمس (المُعالَجة بدايةً في القشرة الحسّية، قرب أعلى الدماغ) كان يُعاد توجيهها إلى القشرة البصرية في مؤخّرة الدماغ من أجل مزيدٍ من المعالجة، ما عنى أنّ أية ممرّات عصبونية امتدت من الجلد إلى القشرة البصرية كانت تخضع للتطوير.

قبل أربعين سنة، تماماً حين كانت إمبراطورية التمركز قد بلغت أقصى امتدادها، بدأ باخ - واي - ريتا احتجاجه. لقد مدح بالفعل إنجازات التمركز ولكنه جادل بأنّ "هناك أدلّة كثيرة تشير إلى أنّ الدماغ يوضّح لدونة حركية وحسّية على حدّ سواء"[14]. رُفِض نشر واحد من أبحاثه ستّ مرات من قِبَل المجلات، ليس لأنّ الدليل كان موضع نقاش، ولكن لأنه تجرّأ ووضع كلمة "لدونة" في عنوان المقال. وبعد نشر مقاله في مجلة **نيتشر**، قام معلّمه العزيز راغنار غرانيت الذي حاز على جائزة نوبل في الفسيولوجيا في العام 1965 لعمله على الشبكية،

والـــذي كـــان قـــد نظّم لنشر أطروحة باخ - واي - ريتا لدى تخرّجه من كلية الطـــب، قام بدعوته إلى منـــزله لتناول الشاي. طلب غرانيت من زوجته أن تغادر الغـــرفة، وبعد الثناء على عمل باخ - واي - ريتا الخاص بعضلات العين، سأله - لصالحه- لماذا كان يضيّع وقته "بلعبة الكبار تلك". ولكنّ باخ - واي - ريتا أصرّ وبـــدأ يعرض، في سلسلة من الكتب وعدة مئات من المقالات، الدليل على لدونة الدماغ[15] ويطوّر نظرية لشرح كيف يمكنها أن تعمل.

أصبح اهتمام باخ - واي - ريتا الأعمق هو تفسير اللدونة العصبية، ولكنه اســـتمرّ في اختراع أجهزة استبدال حسّي. وقد عمل مع مهندسين لتقليص حجم الآلة الضخمة التي ابتدعها للمكفوفين المشتملة على كرسي طبيب أسنان وكمبيوتر وآلـــة تـــصوير. وهكذا فإنّ صفيحة المنبّهات المتذبذبة الثقيلة المفتقرة إلى التناسب والموصولة إلى الظهر تمّ استبدالها الآن بشريط بلاستيكي بسماكة الورقة يُوضَع على اللـــسان ومغطّى بأقطاب كهربائية بقطر دولارٍ فضّي. وهو يدعو اللسان "السطح البـــيني المثالي بين الآلة والدماغ"، حيث يمثّل نقطة دخول ممتازة إلى الدماغ بسبب عـــدم وجود طبقة غير حساسة من الجلد الميّت عليه. كما تقلّص حجم الكمبيوتر بشكلٍ جذري، أما آلة التصوير التي كانت سابقاً بحجم حقيبة سفر، فقد أصبح من الممكن الآن تثبيتها برباط على إطار النَّظّارة.

عمـــل بـــاخ - واي - ريتا أيضاً على اختراع أجهزة استبدال حسّي أخرى بالإضافة إلى جهازه للمكفوفين. فقد حصل على تمويل من الإدارة الوطنية للطيران والفـــضاء (ناسا) لتطوير قفّاز "إحساس" إلكتروني لروّاد الفضاء. كانت القفّازات الفـــضائية الموجودة سميكة جداً بحيث يصعب على رائد الفضاء الإحساس بالأشياء الـــصغيرة أو أداء حـــركات دقيقة. وهكذا وضع باخ - واي - ريتا على السطح الخارجي للقفّاز أجهزة إحساس كهربائية تُرحِّل إشارات كهربائية لليد. ثمّ استفاد ممـــا تعلّمه من صنعه للقفّاز واخترع واحداً لمساعدة الناس المصابين بالجذام الذين يشوّه مرضهم الجلد ويدمّر الأعصاب المحيطية بحيث يفقدون الإحساس في أيديهم. يـــشتمل هـــذا القفّـــاز، مثل قفّاز رائد الفضاء، على أجهزة إحساس على سطحه الخارجـــي، وهـــو يرسل إشاراته إلى منطقة سليمة من الجلد - بعيداً عن الأيدي المعـــتلّة - حـــيث الأعـــصاب غـــير مُصابة. ويصبح الجلد السليم بوابة الدخول

لإحساسات اليد. ومن ثمّ بدأ العمل على قفّاز سيسمح للعميان أن يقرأوا شاشات الكمبيوتر، ولديه حتى مشروع لواقٍ جنسي يأمل أنه سيتيح لضحايا إصابات الحبل الشوكي الذين لا إحساس لديهم في أعضائهم الذكرية أن يشعروا بهزّة الجماع. يستند مشروعه هذا إلى الفرضية القائلة بأنّ الإثارة الجنسية، مثل غيرها من التجارب الحسّية، تقع في "الدماغ"، وهكذا فإنّ إحساسات الحركة الجنسية المُلتقَطة بواسطة أجهزة الإحساس على الواقي الجنسي يمكن أن تُترجَم إلى نبضات كهربائية يمكن حينها أن تُنقَل إلى جزء الدماغ الذي يعالج الإثارة الجنسية. تشمل الاستعمالات الممكنة الأخرى لعمله تزويدَ الناس بحواسّ خارقة مثل الرؤية الليلية أو تحت الحمراء. وقد طوّر جهازاً لغوّاصي البحرية *Navy Seals* يساعدهم على الإحساس باتجاه أجسادهم تحت الماء، وجهازاً آخر تمّ اختباره بنجاح في فرنسا يخبر الجرّاحين بالموقع الدقيق للمبضع بإرسال إشارات من جهاز إحساس إلكتروني موصول بالمبضع إلى جهاز صغير موصول بألسنتهم وبأدمغتهم.

* * *

يكمن أساس فهم باخ - واي - ريتا لإعادة تأهيل الدماغ في التعافي المثير لوالده، العالم والشاعر الكاتالاني بدرو باخ - واي - ريتا، بعد سكتة دماغية مُعجِّزة. في العام 1959، أُصيب بدرو، الذي كان حينذاك أرملاً في الخامسة والستين من عمره، بسكتة دماغية شلّت وجهه ونصف جسده وتركته عاجزاً عن الكلام.

أُخبِر جورج - شقيق باول وحالياً طبيب نفسي في كاليفورنيا - بأنه لا أمل في تعافي والده ولا بدّ من إدخاله إلى معهد. ولكنّ جورج، الذي كان حينها طالباً في كلية الطبّ في المكسيك، أحضر والده المشلول من نيويورك حيث كان يعيش، إلى المكسيك ليعيش معه. وحاول في البداية أن يتّخذ الترتيبات الضرورية لإعادة تأهيل والده في المستشفى البريطاني الأميركي الذي عرض تأهيلاً نموذجياً لفترة أربعة أسابيع، بسبب اعتقاد الجميع أنّ الدماغ لا يمكن أن يستفيد من علاج طويل. وبعد أربعة أسابيع لم تتحسّن حالة والده مطلقاً. كان لا يزال عاجزاً وبحاجة إلى المساعدة في الجلوس والقيام عن كرسي المرحاض وفي الاستحمام، وهو ما كانَ يفعله جورج بمساعدة البستاني.

يقـــول جورج: "لحسن الحظّ أنه كان صغير الحجم. لم يتجاوز وزنه الثلاثة والخمسين كيلوغراماً، وكان بإمكاننا تدبّره".

لم يكن جورج يعرف أي شيء عن إعادة التأهيل، وتبيّن أنّ جهله بالموضوع كان هبةً من السماء، لأنه نجح في خرق كل قواعدها الحالية، غير مُكبّل بنظريات تشاؤمية.

يقـــول جورج: "قرّرت أني بدلاً من أن أُعلّم والدي على المشي، سأعلّمه أولاً أن يـــزحف. قلت له: 'كنت تزحف رضيعاً، وسيكون عليك أن تزحف مجـــدّداً لفترة". وأحضرنا له وقاء لكلتا الركبتين، وجعلناه في البداية يجثو على أطرافه الأربعة، ولكنّ ذراعيه ورِجليه لم تقوَ على حمله، وهكذا كان الأمر بمثابة صراع". وحالما استطاع بدرو أن يسند نفسه إلى حدّ ما، جعله جورج يزحف بإســـناد كـــتفه الضعيفة وذراعه إلى حائط. يقول: "استمر هذا الزحف بجانب الحـــائط لشهور. وبعد ذلك جعلته أيضاً يتدرّب في الحديقة، وهو ما أدّى إلى مشاكل مع الجيران الذين قالوا إنّ ذلك كان بغيضاً، ومن غير اللائق أن أجعل البروفيـــسور يـــزحف مثل كلب. كان النموذج الوحيد لدي هو الطريقة التي يـــتعلّم بهـــا الأطفال الرضّع. وهكذا فقد لعبنا ألعاباً على الأرض، حيث كنت أدحـــرج كرات صغيرة وكان عليه أن يمسكها، أو كنت أرمي عملات معدنية علـــى الأرض وعليه أن يحاول التقاطها بيده اليمنى الضعيفة. اشتمل كل شيء جـــرّبناه على تحويل تجارب الحياة الطبيعية إلى تمارين. فقد حوّلنا غسل القدور إلى تمـــرين، حـــيث كان يحمل القدر بيده القوية ويجعل يده الضعيفة – كانت فاقدة للسيطرة تقريباً وتقوم بحركات تشنّجية مرتجّة – تلفّ حولها مراراً، خمس عـــشرة مـــرة باتجـــاه عقارب الساعة، وخمس عشرة مرة عكس اتجاه عقارب الـــساعة. وكان محيط القدر يُبقي يده محصورة. كانت هناك خطوات تتداخل كـــل واحـــدةٍ مـــنها مع التي تسبقها، وشيئاً فشيئاً أخذت حالته في التحسّن، واشـــترك بعد فترة في تصميم الخطوات. أراد أن يصل إلى المرحلة التي يستطيع فـــيها أن يجلس ويأكل معي ومع طلاب كلية الطب الآخرين". استغرق النظام ســـاعات عديـــدة كـــل يوم، ولكنّ بدرو انتقل من الزحف إلى التحرّك على ركبتيه، ثم إلى الوقوف، وأخيراً إلى المشي.

كــافح بدرو بنفسه لاستعادة قدرته على الكلام، وبعد حوالى ثلاثة أشهر كانت هــناك علامات على بدء استرداده للنطق. وأراد بعد بضعة أشهر أن يستأنف الكتابة. كــان يجلس أمام الآلة الكاتبة، وإصبعه الأوسط على المفتاح المطلوب، ومن ثمّ يُسقط كامــل ذراعــه لضربه. وعندما أتقن ذلك، أصبح يُسقط رسغه فقط، وأخيراً أصابعه، واحداً في كل مرة. وفي النهاية، تعلّم أن يطبع بشكلٍ طبيعي مرة أخرى.

وبعد سنة واحدة كان تعافيه كاملاً بما يكفي ليبدأ التدريس من جديد بدوامٍ كامــل في *City College* في نيويورك، وكان حينها في الثامنة والستين من عمره. وقــد أحــبّ ذلك وعمل حتى تقاعد في سنّ السبعين. ومن ثمّ حصل على وظيفة تدريس أخرى في ولاية سان فرانسيسكو، وتزوّج مرةً أخرى، واستمرّ في العمل، والنــزهات الطويلة مشياً على الأقدام، والسفر. لقد بقي فعّالاً لسبع سنوات بعد إصــابته بالسكتة الدماغية. وفي زيارةٍ له إلى أصدقاء في بوغوتا في كولومبيا، ذهب يتــسلّق عالياً في الجبال. وعلى ارتفاعٍ تسعة آلاف قدم (2727 متراً تقريباً) أُصيب بنوبة قلبية ومات بعد ذلك بفترة وجيزة. كان في الثانية والسبعين من عمره.

سألتُ جورج إن كان قد استوعب مدى استثنائية هذا التعافي بعد سكتة أبيه الدماغية بفترة طويلة وما إذا كان قد فكّر في ذلك الحين بأنّ التعافي ربما كان نتيجةً للدونة الدماغ.

"لقد رأيته فقط في ما يتعلّق بالاعتناء بأبــي. ولكنّ خلال السنوات اللاحقة، كان باول يتحدّث عنه في ما يتعلّق باللدونة العصبية. ولكن ليس مباشرةً. لم يكن حديثه ذاك إلا بعد وفاة والدنا".

جــيء بجثمان بدرو إلى سان فرانسيسكو حيث كان يعمل باول. كان ذلك في العام 1965، وفي تلك الأيام، قبل توفّر مسح الدماغ (*brain scans*)، كان تشريح الجــثث أمراً روتينياً لأنه كان إحدى الطرق التي يمكن للأطباء بها أن يتعلّموا عن أمــراض الدماغ، وعن سبب وفاة المريض. وطلب باول من الدكتورة ماري جين أغويلار أن تقوم بالتشريح.

يقــول باول: "بعد بضعة أيام، اتّصلت جين بــي وقالت: 'باول، تعال بسرعة. لدي شيء أريك إياه'. وعندما ذهبتُ إلى مستشفى ستانفورد القديم، رأيتُ شرائح من دماغ أبــي منتشرة على الطاولة على شرائح منــزلقة".

كان باول عاجزاً عن الكلام.

"كـــان شعوري بغيضاً، ولكني رأيت أيضاً تحمّس ماري جين لأنّ ما أظهرته الـــشرائح المنـــــزلقة كان وجود تلف ضخم في دماغ أبـــي نتيجة للسكتة، وهو تلـــفٌ لم يـــشفَ أبداً رغم استعادة والدي لكل تلك الوظائف. وأصابني الذعر، وأصـــبحت خـــدراً. كنت أفكّر: 'انظري إلى كل هذا التلف في دماغه'. وقالت: 'كيف يمكن لأي شخصٍ أن يتعافى مع كل هذا التلف؟'"

وعندما نظر بإمعان، رأى باول أنّ الضرر العائد إلى سبع سنوات مضت كان موجـــوداً بـــشكلٍ رئيـــسي في جـــذع الدماغ – جزء الدماغ الأقرب إلى الحبل الـــشوكي – وأنّ مراكز دماغية رئيسية في القشرة تسيطر على الحركة قد دُمِّرت أيضاً بسبب السكتة. كما أنّ سبعة وتسعين بالمائة من الأعصاب الممتدة من قشرة المخّ إلى العمود الفقري كانت مدمّرة – تلفٌ فاجع كان قد تسبّب في شلله.

يقول باول: "عرفتُ أنّ ذلك يعني أنّ دماغه قد قام بطريقة أو بأخرى بإعادة تنظـــيم نفـــسه كلياً من خلال العمل الذي قام به مع جورج. لم نعرف كم كان تعافـــيه مدهشاً إلا في تلك اللحظة، لأننا لم نكن نملك أدنى فكرة عن مدى الضرر الذي أصاب دماغه، حيث لم يكن هناك مسحٌ للدماغ في تلك الأيام. وعندما كان الناس يتعافون بالفعل، كان من شأننا أنّ نفترض أنّ مقدار التلف الحادث أساساً لم يكـــن كـــبيراً. أرادت ماري جين أن أكون مؤلّفاً مشاركاً في البحث الذي كتبته بشأن هذه الحالة[16]. ولكني لم أستطع".

كانت قصة والده دليلاً مباشراً على أنّ التعافي "المتأخّر" يمكن أن يحدث حتى مـــع وجود تلفٍ ضخم في شخصٍ مسنّ. ولكن بعد فحص ذلك التلف ومراجعة المـــادة المنشورة حول هذا الموضوع، وجد باول المزيد من الدليل على أنّ الدماغ يمكن أن يميّز نفسه لاستعادة وظائف مفقودة بعد سكتات دماغية مدمِّرة، مكتشفاً أنه في العام 1915، بيّن عالمٌ سيكولوجي أميركي يُدعَى شيبرد إيفوري فرانـــز[17] كـــيف تمكّـــن مرضى كانوا مشلولين لمدة عشرين سنة من تحقيق شفاء متأخّر من خلال تمارين منبّهة للدماغ.

استحثّ "التعافي المتأخِّر" لبدرو باخ – واي – ريتا تغييراً مهنياً في حياة ابنه بـــاول. ففـــي ســـنّ الرابعة والأربعين عاد باخ – واي – ريتا إلى ممارسة الطبّ

وتخصّص في علم الأعصاب وطبّ إعادة التأهيل. وفهم أنه من أجل أن يستعيد المرضى عافيتهم هم بحاجة إلى تحفيز، كما حدث مع والده، مع تمارين تشبه إلى حدّ كبير نشاطات الحياة الواقعية.

وحوّل اهتمامه إلى معالجة السكتات الدماغية، مركّزاً على "إعادة التأهيل المتأخّر"، ومساعداً الناس على التغلّب على مشاكل عصبية رئيسية بعد سنوات من بدئها، ومطوّراً ألعاب فيديو على الكمبيوتر لتدريب مرضى السكتات الدماغية على تحريك أذرعهم مرة أخرى. وبدأ يدمج ما عرفه بشأن اللدونة في تصميم التمارين. كانت تمارين إعادة التأهيل التقليدية تنتهي بعد بضعة أسابيع عندما يتوقّف المريض عن التحسّن، أو "تستقر حالته" ويفقد الأطباء الدافع للاستمرار. ولكنّ باخ - واي - ريتا، مستنداً إلى معرفته بنموّ العصب، بدأ يجادل بأنّ حالات الاستقرار التعلّمية هذه كانت مؤقّتة - جزءاً من دورة تعلّم تستند إلى اللدونة - حيث تُتبَع مراحل التعلّم بفترات تعزيز[18]. وعلى الرغم من عدم وجود تقدّم **ظاهر** في مرحلة التعزيز، إلا أنّ التغيّرات البيولوجية كانت تحدث داخلياً، بينما كانت المهارات الجديدة تصبح أكثر تلقائيةً وصقلاً.

طوّر باخ - واي - ريتا برنامجاً للناس ذوي الأعصاب الحركية الوجهية المتلفة، الذين لم يكن بإمكانهم أن يحرّكوا عضلاتهم الوجهية، وبالتالي كانوا غير قادرين على إغماض أعينهم، أو التكلّم بصورةٍ صحيحة، أو التعبير عن انفعالاتهم، ما جعلهم يبدون مثل آلات أوتوماتيكية عملاقة. ربط باخ - واي - ريتا بواسطة الجراحة واحداً من الأعصاب "الإضافية" التي تمتد طبيعياً إلى اللسان بعضلات المريض الوجهية. ثمّ طوّر برنامج تمارين دماغية لتدريب "عصب اللسان" (وتحديداً جزء الدماغ الذي يتحكّم به) ليعمل كعصب وجهي. وتعلّم هؤلاء المرضى أن يُظهروا انفعالات وجهية طبيعية، وأن يتكلّموا بشكلٍ صحيح، وأن يُغمضوا أعينهم - مثالٌ آخر على قدرة باخ - واي - ريتا على "ربط أيّ شيء بأي شيء".

بعد ثلاث وثلاثين سنة من نشر مقال باخ - واي - ريتا في مجلة **نيتشر**، قام العلماء المستخدمون للنسخة الحديثة الصغيرة من آلته المعروفة باسم "جهاز الرؤية اللمسية" بعمل مسحٍ لأدمغة مرضاهم وأكّدوا أنّ الصوَر اللمسية التي دخلت أدمغة مرضاهم من خلال ألسنتهم قد تمّت معالجتها بالفعل في القشرة البصرية لأدمغتهم[19].

كل الشك المعقول في إمكانية تجديد الاتصالات الكهربائية للحواسّ خمد مؤخّراً في واحـــدة من أكثر تجارب اللدونة إذهالاً في زمننا. لم تشتمل هذه التجربة فقط على تجديـــد ممرات الاتصالات الكهربائية للّمس والبصر كما فعل باخ – واي – ريتا، بل أيـــضاً على تجديد تلك للسمع والبصر؛ فعلياً. قام مريغانكا سير، وهو عالم أعصاب، بـــتجديد الاتصالات الكهربائية للدماغ جراحياً لنمسٍ صغير جداً[20]. تمتدّ الأعصاب البـــصرية طبيعـــياً من العينين إلى القشرة البصرية، ولكنّ سيرً قام جراحياً بإعادة توجيه الأعصاب البصرية من القشرة البصرية للنمس إلى قشرته السمعية واكتشف أنّ النمس تعلّـــم أن يرى. وباستخدام أقطابٍ كهربائية أُقحمت في دماغ النمس، أثبت سير أنه عندما كان النمس يرى، فإنّ العصبونات في قشرته السمعية كانت تتّقد وتقوم بالمعالجة البصرية. إنّ القشرة السمعية، بلدونتها التي تخيلها باخ – واي – ريتا دوماً، قد أعادت تنظـــيم نفسها بحيث أصبح لديها بنية القشرة البصرية. ورغم أنّ النموس التي خضعت لهذه الجراحة لم تتمتّع ببصر 20/20، إلا أنها تمتّعت بثلث تلك النسبة أو 20/60 – ليس أسوأ من بعض الناس الذين يلبسون نظارات.

حـــتى عهدٍ قريب، كانت مثل هذه التحوّلات تبدو غير قابلة للتفسير كلياً. ولكـــنّ بـــاخ – واي – ريتا، بإظهاره أنّ أدمغتنا هي أكثر مرونة مما تقرّ به فكرة التمركزية، قد ساعد في ابتداع مشهد أكثر دقّة للدماغ يجيز تغيّرات كهذه. وقبل أن ينجـــز هذا العمل، كان من المقبول القول، كما يفعل معظم علماء الأعصاب، إنـــنا نملك "قشرة بصرية" في فصّنا "القذالي" تعالج الرؤية، و"قشرة سمعية" في فصّنا الصدغي تعالج السمع. لقد تعلّمنا من باخ – واي – ريتا أنّ الأمر أكثر تعقيداً من ذلـــك وأنّ هذه المناطق في الدماغ هي معالجات لدْنة تتّصل بعضها ببعض وقادرة على معالجة تنوّع غير متوقّع من البيانات المُدَخَلَة.

لم تكـــن شـــيريل الوحـــيدة التي انتفعت من قبّعة باخ – واي – ريتا. فقد اســـتخدم الفـــريق منذ ذلك الحين الجهاز لتدريب خمسين مريضاً آخرين لتحسين توازنهم ومشيتهم. كان لدى بعضهم التلف نفسه الذي كان لدى شيريل، والبعض الآخر كان مصاباً برضّات دماغية أو سكتات أو داء باركنسون.

تكمـــن أهمـــية بـــاول بـــاخ – واي – ريتا في كونه الأول في جيل علماء الأعـــصاب الـــذي فهم أنّ الدماغ لدْن وطبّق هذه المعرفة بطريقة عملية لتخفيف

المعانـــاة البـــشرية. وفي عملـــه كلّه، تكمن فكرة أننا جميعاً مولودون بدماغٍ أكثر تكيّفية وانتهازية وتعدّدية مما كنا نحسب.

عـــندما طوّر دماغ شيريل حاسة دهليزية مُجدَّدة - أو عندما طوّرت أدمغة العميان الخاضعين للاختبار طرقاً جديدة حين تعلّموا أن يميّزوا الأشياء، والمنظورية، والحـــركة - فـــإنّ هذه التغيُّرات لم تكن الاستثناء الغامض للقاعدة، وإنما القاعدة نفـــسها: القشرة الحسّية لدْنة ومتكيّفة. عندما تعلّم دماغ شيريل أن يستجيب إلى المـــستقبِل الاصطناعي الذي حلّ محلّ المستقبِل التالف، فهو لم يكن يقوم بأي شيء خـــارجٍ عن المألوف. لقد ألهم عمل باخ - واي - ريتا مؤخّراً عالماً معرفياً يُدعَى آنـــدي كلارك ليجادل ببراعة أننا "كائنات بشرية آلية *cyborgs* بالفطرة"[21]، ما يعـــني أنّ لدونـــة الـــدماغ تتيح لنا أن نربط أنفسنا بآلات مثل أجهزة الكمبيوتر والأدوات الإلكتـــرونية بشكلٍ طبيعي تماماً. ولكنّ أدمغتنا تقوم أيضاً بإعادة تنظيم نفسها في استجابةٍ منها للبيانات المُدخَلَة حتى من أبسط الأدوات، مثل عصا رجلٍ أعمى. إنّ اللدونةَ هي خاصية متأصّلة في الدماغ البشري منذ زمن ما قبل التاريخ، والـــدماغ هو نظام أكثر انفتاحاً بكثير مما تصوّرنا أبداً. لقد منحنا الله نعمةً عظيمة لمـــساعدتنا في إدراك واســـتيعاب العالم حولنا... منحنا دماغاً ينجو في عالمٍ متغيّر بتغيير نفسه.

2

بناء دماغٍ أفضل لنفسها

امرأةٌ وُصِفت بأنها "متخلّفة عقلياً" تكتشف كيف تُشفي نفسها

إنّ العلمـــاء الذين يقومون باكتشافات هامّة بشأن الدماغ هم غالباً أولئك الـــذين يملكـــون أدمغةً استثنائية، ويعملون مع مرضى ذوي أدمغة مُتلَفة. نادراً ما يكون الشخص الذي يقوم باكتشاف هام هو الشخص المُصاب بخلل، ولكن هناك بعض الاستثناءات. وباربارا أروسميث يونغ هي واحدة من هؤلاء.

"اللاتماثـــل" هي أفضل كلمة تصف دماغ باربارا عندما كانت تلميذةً في المدرســـة. امـــتلكت باربارا، التي وُلِدت في تورنتو في العام 1951 ونشأت في بيتـــربوروغ في أونتاريو، مجالات تألُّق كطفلة؛ أظهر الاختبار امتلاكها لذاكرة سمعية وبصرية قوية بلغ معدّلها 99 بالمئة. كان فصّاها الجبهيان ناميين على نحو لافـــت، ما أعطاها خاصية عنيدة مُسيَّرة. ولكنّ دماغها كان "لاامتماثلاً"، ما يعـــني أنّ هـــذه القدرات الاستثنائية كانت مترافقة جنباً إلى جنب مع مجالات تخلُّف.

ترك هذا اللاتماثل أثراً فوضوياً على جسمها أيضاً. وكانت أمها تمزح بشأنه: "لا بدّ أنّ الطبيب المولّد قد سحبك خارجاً بِرجلك اليمنى"، التي كانت أطول من اليـــسرى، ما تسبّب في انحراف حوضها. أما ذراعها اليمنى فلم تستقم أبداً، وكان جانبها الأيمن أضخم من الأيسر، وعينها اليسرى أقلّ تنبّهاً، وعمودها الفقري غير متماثل ومائلاً إلى جانب.

كانت بارابارا تعاني من مجموعة منوّعة من حالات العجز التعلُّمي الخطيرة. فمنطقة دماغها المكرّسة للكلام والمعروفة بمنطقة بروكا لم تكن تعمل بشكلٍ صحيح، ولهذا كانت تجد صعوبةً في لفظ الكلمات. كما افتقرت إلى القدرة على التفكير الحيِّزي. عندما نريد أن نحرّك أجسامنا في المكان حولنا، نحن نستخدم التفكير الحيّزي لبناء ممرّ تخيّلي في عقولنا قبل تنفيذ حركاتنا. يُعتبَر التفكير الحيّزي ضرورياً لزحف الأطفال الرضّع، ولطبيب الأسنان الذي يثقب ضرساً، وللاعب الهوكي الذي يخطِّط لحركاته. في أحد الأيام عندما كانت باربارا في الثالثة من عمرها، قرّرت أن تلعب لعبة مصارع الثيران والثور. وقد اعتبرت نفسها الثور، وكساء مصارع الثيران هو السيارة الواقفة في الطريق الخاصة المؤدّية إلى البيت. اندفعت بارابارا بقوّة ظانةً أنها ستنحرف وتتفاداه، ولكنها أخطأت في تقدير الحيّز واصطدمت بقوّة في السيارة، ما تسبّب في شقّ رأسها. وأعلنت أمها أنها ستتفاجأ إذا عاشت باربارا سنة أخرى.

إنّ التفكير الحيِّزي ضروري أيضاً لتشكيل خريطة عقلية لمكان وجود الأشياء. نحن نستخدم هذا النوع من التفكير لتنظيم مكاتبنا أو تذكُّر أين وضعنا مفاتيحنا. كانت باربارا تفقد كل شيء طوال الوقت. بدون وجود خريطة عقلية للأشياء في المكان، فإنّ البعيد عن العين كان بعيداً عن الذهن فعلياً، ولهذا أصبحت باربارا "شخصاً مُكوِّماً" وكان عليها أن تحتفظ بكل شيء تلعب به أو تشتغل به أمامها في أكوام، وأن تُبقي خزائنها وأدراجها مفتوحة. أما خارج البيت، فقد كانت دائماً تتوه.

وكانت تعاني أيضاً من مشكلة "حسّية حركية". يتيح لنا الإدراك الحسّي الحركي أن نكون واعين لمكان جسدنا أو أطرافنا في الحيّز حولنا، ممكّناً إيانا من التحكّم بحركاتنا وتنسيقها. كما يتيح لنا أيضاً أن نميّز الأشياء باللمس. ولكنّ بارابارا كانت عاجزةً تماماً عن تمييزكم تحرّكت ذراعاها أو رِجلاها على الجانب الأيسر. ورغم أنها كانت غلامية الأطوار، إلا أنها كانت خرقاء. لم يكن بإمكانها أن تحمل كوب عصير في يدها اليسرى دون أن يندلق. وكثيراً ما كانت تتعثّر أو تقلب. أما السلالم فقد كانت غير مأمونة بالنسبة إليها. كما كانت تعاني من نقصٍ في حاسة اللمس على جانبها الأيسر وكانت دائماً تكدم نفسها على ذلك الجانب. وعندما تعلّمت أخيراً أن تقود، كانت دائماً تبعج الجانب الأيسر للسيارة.

عانت باربارا أيضاً من عجزٍ بصري. كان حقل الرؤية لديها ضيّقاً بحيث إنها عندما كانت تنظر إلى صفحة مكتوبة، لم يكن بإمكانها أن تستوعب إلا بضعة أحرف في كل مرة.

ولكن لم تكن هذه هي مشاكلها الأكثر إضعافاً. فبسبب الخلل الوظيفي في ذلك الجزء من دماغها الذي يساعد على فهم العلاقات بين الرموز، كانت باربارا تجد صعوبةً في فهم قواعد النحو، ومفاهيم الرياضيات، والمنطق، والسبب والمُسبَّب. لم يكن بمقدورها أن تلحظ الفرق بين "شقيق الوالد" و"والد الشقيق". وكان من المستحيل بالنسبة إليها أن تفهم الصيغ البلاغية التي يُعبَّر فيها عن الموجب بضدّه المنفي، كما كانت عاجزة عن قراءة الساعة لأنها لم تستطع أن تفهم العلاقة بين عقارب الساعة. ولم يكن باستطاعتها فعلياً أن تميّز بين يدها اليسرى واليمنى، ليس فقط لأنها افتقرت إلى خريطة حيّزية، بل أيضاً بسبب عجزها عن فهم العلاقة بين "اليسار" و"اليمين". ولم يكن إلا بجهدٍ عقلي استثنائي وتكرار متواصل، أن تمكّنت من تعلّم ربط الرموز بعضها ببعض.

كانت باربارا تعكس الحروف *b*، و*d*، و*p*، و*q*، وتقرأ كلمة "*was*" "*saw*"، وتقرأ وتكتب من اليمين إلى اليسار، وهو عجزٌ يُعرَف باسم الكتابة المقلوبة أو كتابة المرآة. كانت تستعمل يمناها عادةً، ولكن لأنها كانت تكتب من اليمين إلى اليسار، فقد كانت تلطّخ كل عملها. وقد ظنّتها معلّموها صعبة المراس. ولأنها كانت مُصابة بعسر القراءة، فقد كانت ترتكب أخطاءً تكلّفها غالياً. كان أشقاؤها يحتفظون بحمض الكبريتيك للتجارب في قنينة قطرة الأنف القديمة خاصتها. وحين قرّرت في أحد الأيام أن تعالج نفسها من زكامٍ أصابها، أخطأت باربارا في قراءة الرقعة الجديدة التي كتبها أشقاؤها. مستلقيةً في السرير والحمض يجري في جيوبها الأنفية، كانت باربارا خجلةً جداً لأن تخبر أمها بحادثة مؤسفة أخرى.

وحيث كانت عاجزةً عن فهم السبب والمسبَّب، فقد كانت تقوم بأشياء غريبة اجتماعياً لعدم تمكّنها من ربط السلوك بعواقبه. ففي روضة الأطفال، لم تستطع أن تفهم لماذا لا يمكنها، ما دام أشقاؤها في نفس المدرسة، أن تترك صفّها وتزورهم في صفوفهم متى شاءت. كانت قادرة على حفظ الطرق الرياضية ولكنها عاجزة عن فهم مفاهيم الرياضيات. وكان بإمكانها أن تتذكّر أنّ حاصل ضرب

خمسة بخمسة هو خمسة وعشرون ولكنها لم تستطع أن تفهم لماذا. وقد استجاب معلّموها بإعطائها تمارين إضافية، وأنفق والدها ساعات يعلّمها دون جدوى. وحملت أمها بطاقات ومضية عليها مسائل رياضيات بسيطة. ولأنّ باربارا لم تستطع حلّها، فقد وجدت مكاناً للجلوس تصبح فيه البطاقة شفافة بتأثير الشمس كي تتمكّن من قراءة الإجابة على ظهر البطاقة. ولكنّ المحاولات الرامية للعلاج لم تصل إلى جوهر المشكلة؛ لقد جعلتها فقط أكثر إيلاماً.

وبسبب رغبتها الشديدة في النجاح، فقد اجتازت المرحلة الابتدائية بالحفظ عن ظهر قلب خلال ساعات الغداء وبعد المدرسة. أما في المدرسة الثانوية، فقد كان أداؤها متقلّباً إلى أقصى حدّ. تعلّمت باربارا أن تستخدم ذاكرتها لتُغطّي عجزها، واستطاعت مع التدريب أن تتذكّر صفحات من الحقائق. وقبيل الامتحانات، كانت تدعو الله أن يكون الامتحان مستنداً إلى الحقائق، مدركةً أنها تستطيع أن تحرز فيه العلامة الكاملة (100). أما إذا كان مستنداً إلى فهم العلاقات، فلم تكن نتيجتها فيه تتجاوز العشرة بكثير.

لم تكن باربارا تفهم شيئاً في الوقت الحقيقي، وإنما في الوقت المتأخّر بعد حدوث الشيء بالفعل. ولأنها لم تكن تفهم ما كان يحدث حولها أثناء حدوثه، فقد كانت تقضي ساعات وهي تسترجع الماضي لتجعل أجزاءه المربكة تجتمع معاً وتصبح قابلةً للفهم. كان عليها أن تستعيد محادثات بسيطة، وحوارات من أفلام، ومقاطع من أغنيات، لعشرين مرة في ذهنها لأنها حين كانت تصل إلى نهاية جملة، لم يكن بإمكانها أن تتذكّر ما عناه أوّلها.

وقد عانى نموّها العاطفي أيضاً. فلأنها كانت تجد صعوبة في المنطق، لم يكن باستطاعتها أن تميّز التضاربات عند الاستماع إلى المتكلّمين المتملّقين وبالتالي لم تكن أبداً أكيدةً بشأن من يجدر بها أن تثق بهم. كانت الصداقات صعبة، ولم تكن تستطيع أن تقيم أكثر من علاقة صداقة واحدة في كل مرة.

ولكنّ أكثر ما عذّبها كان الشك المزمن وعدم اليقين الذي كانت تشعر به حيال كل شيء. لقد استشعرت المعنى في كل مكان ولكنها لم تستطع أبداً أن تؤكّده. كان شعارها هو "لا أفهمه". كانت تقول لنفسها: "أنا أعيش في ضباب، ولا أجد العالم متماسكاً بأكثر من تماسك غزل البنات". ومثل العديد

من الأطفال المصابين بحالات عجز تعلّمي خطيرة، بدأت باربارا تفكّر في أنها قد تكون مجنونة.

* * *

نشأت باربارا في زمنٍ لم يتوفّر فيه الكثير من المساعدة.

تقول: "في خمسينيات القرن الماضي، وفي بلدة صغيرة مثل بيتربوروغ، أنت لا تتحدّث عن هذه الأمور. كان الموقف هو إما أن تنجح أو لا. لم يكن هناك مدرِّسون خاصّون، ولا زيارات إلى اختصاصيين طبّيين أو علماء نفسانيين. ولم يكن إلا بعد عقدين من الزمن أن بُدئ في استخدام مصطلح "العجز التعلّمي" على نحوٍ واسع. أخبرت معلّمتي والديّ حين كنت في الصفّ الأول الأساسي بأني أعاني من 'انسداد عقلي' وبأني لن أتعلّم أبداً بالطريقة التي يتعلّم بها الآخرون. وطريقة التعليم هي خاصة بقدر الحالة. فأنت إما ذكي، أو متوسّط الذكاء، أو بطيء الفهم، أو متخلّف عقلياً".

إذا كنت متخلّفاً عقلياً، فسيتم وضعك في "صفوف الفرصة". ولكنّ هذه الصفوف لم تكن المكان الملائم لفتاة ذات ذاكرة متألّقة تستطيع أن تتفوّق في اختبارات المفردات اللغوية. يقول دونالد فروست، صديق باربارا في مرحلة الطفولة، ونحّات حالياً: "كانت باربارا ترزح تحت ضغط أكاديمي هائل. فجميع عائلة يونغ كانوا أصحاب إنجازات عالية. كان والدها جاك مهندساً كهربائياً ومخترعاً له أربع وثلاثون براءة اختراع في شركة جنرال إلكتريك الكندية. كانت معجزة بالفعل إن استطعت أن تجعل جاك يترك الكتاب من أجل العشاء. أما والدها فقد كان موقفها: 'ستنجحين. ليس هناك شكّ في ذلك'، و'إذا كانت لديك مشكلة، عالجيها'. كانت باربارا دائماً حسّاسة للغاية وجذّابة جدًّا وعطوفة". ويتابع فروست: "ولكنها أخفت مشاكلها بشكلٍ جيد. كانت سرّية. ففي سنوات ما بعد الحرب كان هناك اتّجاه للكمال عنى أنك يجب أن لا تجذب الانتباه إلى عجزك بأكثر مما ستجذبه إلى بثراتك".

انجذبت باربارا نحو دراسة نموّ الطفل آملةً بطريقة أو بأخرى أن تجد حلاً لنفسها. وكطالبة في جامعة غيولف، كانت تبايناتها العقلية الشديدة ظاهرةً مرةً أخرى. ولكن لحسن الحظّ لاحظ أساتذتها أنها تملك قدرةً لافتة على تمييز

التلميحات غير اللفظية في مختبر ملاحظة الطفل، وطُلب منها أن تدرِّس المقرّر، وهو ما جعلها تعتقد بوجود خطأ ما. ومن ثمّ تمّ قبولها في كلية الدراسات العليا في معهد أونتاريو للدراسات التعليمية (*OISE*). يقرأ معظم الطلاب أي بحث مرةً أو مرّتين لاستيعابه، ولكنّ باربارا كانت مضطّرةً نموذجياً لقراءة أي بحْث عشرين مرة بالإضافة إلى قراءة العديد من مصادره لتحصل على إحساسٍ بمعناه. لم تكن تحظى إلا بأربع ساعات من النوم في كل ليلة.

ونظراً لأنّ باربارا كانت متألّقة في نواحٍ عديدة جداً وماهرة للغاية في ملاحظة الأطفال، فقد وجد أساتذتها في كلية الدراسات العليا صعوبةً في تصديق أنها كانت تعاني من عجز. وكان جوشوا كوهين، وهو طالبٌ آخر موهوب ومصاب بعجز تعلّمي في نفس المعهد، أوّل من فهم حالتها. كان يدير عيادةً صغيرة للأطفال العاجزين تعلّمياً طبّق فيها العلاج القياسي، "التعويض"، استناداً إلى النظرية المقبولة في ذلك الوقت: حالما تموت خلايا الدماغ أو تعجز عن النموّ، فليس بالإمكان استعادتها. يعمل التعويض بالالتفاف حول المشكلة. فالناس الذين يجدون صعوبةً في القراءة، يستمعون إلى أشرطة صوتية. وأولئك الذين هم "بطيئون"، يُعطَون وقتاً أطول في الاختبارات. أما الذين يجدون صعوبة في متابعة مناقشة ما، فيُطلب منهم أن يُشفّروا النقاط الأساسية لونياً. قام جوشوا بتصميم برنامج تعويض لباربارا، ولكنها وجدته مُستهلكاً جداً للوقت. وعلاوة على ذلك، فإنّ أطروحتها، وهي عبارة عن دراسة للأطفال العاجزين تعلّمياً والمعالَجين بطريقة التعويض في عيادة معهد أونتاريو للدراسات التعليمية، بيّنت أنّ معظم هؤلاء الأطفال لم يُظهروا تحسُّناً فعلياً. وقد كانت هي نفسها تعاني من الكثير من العجز بحيث كان من الصعب أحياناً أن تجد وظائف نافعة يمكن أن تعمل بالالتفاف حول عجزها. ولأنها كانت قد أحرزت نجاحاً كبيراً في تطوير ذاكرتها، فقد أخبرت جوشوا باعتقادها بوجوب وجود طريقة أفضل.

واقترح عليها جوشوا ذات يوم أن تتصفّح بعض كتب ألكسندر لوريا التي كان يقرأها. أخذت باربارا تدرس تلك الكتب معيدةً قراءة الفقرات الصعبة مرات عديدة، وخاصةً القسم في كتاب لوريا، **المشاكل الأساسية لعلم اللغة العصبي** *Basic Problems of Neurolinguistics*، الذي يتناول موضوع الناس المصابين

بسكتات دماغية أو جروح ويجدون صعوبةً في النحو، والمنطق، وقراءة الساعة. وِلد لــوريا في العــام 1902 وبلــغ سنّ الرشد في عصر روسيا الثورية. كان مهتماً بعمق بالتحلــيل النفسي[1]، وكان يتراسل مع فرويد، وكتب أبحاثاً حول تقنية "الربط الذهني الحرّ" التحليلية النفسية، التي يقول فيها المرضى كل شيء يتبادر إلى أذهانهم. كان هدفه أن يطــوّر طرقاً موضوعية لتقييم الأفكار الفرويدية. وبينما كان لا يزال في العشرينيات من عمره، اخترع لوريا نموذجاً بدئياً لمكشاف الكذب. وعندما بدأت حملات التطهير العظيمة في عصر ستالين، أصبح التحليل النفسي علماً مُحرماً *scientia non grata*، وتمّ شــجب لوريا الذي أقرّ علناً بالخطأ معترفاً أنه قد ارتكب "أخطاءً إيديولوجية" معيّنة. ثمّ من أجل أن يُبعد الأنظار عنه، دخل لوريا كلية الطبّ.

ولكــــنه لم يكن قد انتهى تماماً من التحليل النفسي. فبدون أن يجذب الانتباه إلى عمله، قام لوريا بدمج أوجه من الطريقة التحليلية النفسية ومن السيكولوجيا في علم الأعصاب، ليكون بذلك مؤسّس العلم العصبــي السيكولوجي. وقد وصفت ســجلات الحالــة لديه مرضاه بشكلٍ مطوّل بدلاً من أن تكون مجرّد صور قلمية موجــزة مركّزة على الأعراض. وكما كتب أوليفر ساكس: "إنّ سجلات الحالة للــوريا يمكــن مقارنتها فقط بتلك لفرويد من جهة دقّتها وحيويتها وغِنى وعمق تفاصــيلها". وقد كان واحدٌ من كتب لوريا، وهوكتاب **الرجل ذو العالَم المحطّم** "*The Man with a Shattered World*"، تلخيــصاً وتفسيراً ليوميات مريض يعاني من حالة غريبة جداً.

في نهايــة شهر أيار (مايو) من العام 1943 جاء الرفيق ليوفا زازتسكي، وهو رجــلٌ صبياني المظهر، إلى مكتب لوريا في مستشفى إعادة التأهيل التي كان يعمل فيها. كان زازتسكي ملازماً روسياً شاباً أُصيب في معركة سمولنسك، حيث قُذف بالجــنود الــروس المجهّــزين بشكلٍ سيّئ أمام آلة الحرب النازية الغازية. احتمل زازتــسكي رصاصةً في الرأس أدّت إلى تلف عميق وخطير في الجانب الأيسر من دماغــه، دخــل على إثره في غيبوبة طويلة جداً. وعندما استفاق، كانت أعراضه غــريبة جداً. استقرّت الرصاصة في جزء الدماغ الذي يساعد على فهم العلاقات بــين الــرموز. ولم يعد بإمكانه أن يفهم المنطق، والسبب والمسبَّب، أو العلاقات الحيّــزية. ولم يــستطع أن يميّز بين يسراه ويمناه. كما كان عاجزاً عن فهم عناصر

الـــنحو الـــتي تعالج العلاقات. فأحرف الجرّ الإنكليزية مثل "داخل"، و"خارج"، و"قـــبل"، و"بعـــد"، و"مع"، و"بدون" أصبحت عديمة المعنى بالنسبة إليه. لم يكن باستطاعته أن يفهم كلمةً كاملة، أو جملةً كاملة، أو يتذكّر ذكرى كاملة لأنّ القيام بـــأي من هذه الأمور سيتطلّب ربطاً بين الرموز. كان بإمكانه فقط أن يستوعب الأجـــزاء العابرة. ومع ذلك، فإنّ فصّيه الجبهيين - اللذين أتاحا له أن يكتشف ما هـــو مناســـب وأن يخطّط ويدبّر ويعتزم ويسعى لتحقيق مقاصده - كانا سليمَين، ولهـــذا فقد كان يملك القدرة على تمييز اختلالاته، والرغبة في التغلّب عليها. ورغم أنه كان عاجزاً عن القراءة، التي هي نشاط إدراكي إلى حدّ كبير، إلا أنه كان قادراً على الكتابة لأنها نشاطٌ مقصود. وبدأ يوميات متجزِّئة أسماها **سأواصل القتال** *I'll Fight On*، امـــتدّت لثلاثة آلاف صفحة. كتب زازتسكي: "لقد قُتلت في 2 آذار (مـــارس) في العام 1943، ولكن بسبب قوة أساسية ما في جهازي الحيوي، بقيت حياً بأعجوبة".

وعلى مدى ثلاثين عاماً، قام لوريا بملاحظته وتأمّل الطريقة التي أثّر بها جرح زازتـــسكي في نـــشاطاته العقلـــية. كـــان يشهد قتال زازتسكي العنيد من أجل أن"يعيش، وليس لمجرّد أن يكون".

فكّرت باربارا وهي تقرأ يوميات زازتسكي، "أنه يصف حياتي".

كـــتب زازتسكي: "عرفتُ ما تعنيه كلمة 'أم' وكلمة 'ابنة'. ولكنّ التعبيرين 'ابنة الأم' و'أمّ الابنة' بدوا متماثلَين تماماً بالنسبة إلي. كما كنت أجد صعوبةً أيضاً بـــتعابير مثل 'هل الفيل أكبر من الذبابة؟' كل ما كان بإمكاني فهمه هو أنّ الذبابة صغيرة والفيل كبير، ولكني لم أفهم الكلمتين 'أكبر' و'أصغر'".

وأثـــناء مشاهدته لفيلم، كتب زازتسكي: "قبل أن تسنح لي الفرصة لأفهم ما يقوله الممثّلون، يبدأ مشهدٌ جديد".

بـــدأ لـــوريا يفهم المشكلة. لقد استقرّت رصاصة زازتسكي في نصف الكرة الدماغية الأيسر، عند نقطة اتصال ثلاث مناطق إدراكية حسّية رئيسية حيث يلتقي الفـــصّ الصدغي (الذي يعالج عادةً الصوت واللغة)، والفصّ القذالي (الذي يعالج عادةً الصور البصرية)، والفصّ الجداري (الذي يعالج عادةً العلاقات الحيّزية ويدمج المعلـــومات من حواسّ مختلفة). وعند نقطة الاتصال هذه، يتمّ جمع وربط البيانات

الإدراكـــية الحسّية المُدخَلَة من هذه المناطق الثلاث. أدرك لوريا أنه على الرغم من قـــدرة زازتسكي على الإدراك الحسّي الصحيح، إلا أنه لم يكن يستطيع أن يربط إدراكاتـــه الحسّية المختلفة، أو أن يربط أجزاء الأشياء إلى الكلّ. والأهمّ، أنه كان يعـــاني مـــن صعوبة عظيمة في ربط عددٍ من الرموز بعضها ببعض، كما نفعل نحن عـــادةً عـــندما نفكّـــر في الكلمات. وبالتالي كان زازتسكي يتحدّث غالباً مُسيئاً اســـتعمال الألفـــاظ. كـــان الأمر كما لو أنه لم يكن يملك شبكة كبيرةً بما يكفي لاصـــطياد وإمـــساك الكلمات ومعانيها، وغالباً ما كان يعجز عن ربط الكلمات بمعانيها أو تعريفاتها. لقد عاش مع الأجزاء وكتب: "أنا في ضباب طوال الوقت... كـــل مـــا يلمع في ذهني هو صوَر... رؤى ضبابية تظهر فجأةً وتختفي فجأة كما ظهرت... أنا ببساطة لا أستطيع أن أفهم وأتذكّر ما تعنيه".

ولأوّل مـــرة، فهمـــت باربارا أنّ عجزها الدماغي الرئيسي له عنوان. ولكنّ لـــوريا لم يـــزوّد بالـــشيء الوحيد الذي احتاجت إليه، ألا وهو العلاج. وعندما أدركـــت كم كانت مختلّة فعلياً، وجدت نفسها أكثر إنهاكاً وكآبةً وفكّرت أنها لا يمكن أن تتابع بهذه الطريقة.

وقـــد كان عند هذه المرحلة من حياتها، حين كانت في الثامنة والعشرين من عمـــرها ولا تـــزال طالبةً في الجامعة، أن قرأت بحثاً تصادف وجوده على مكتبها للدكـــتور مـــارك روزنـــــزويغ من جامعة كاليفورنيا في بيركلي. قام الدكتور روزنـــــزويغ بدراسة الجرذان في بيئات منبِّهة وغير منبِّهة، ووجد في فحوص بعد الـــوفاة أنّ أدمغـــة الجرذان المُنبَّهة اشتملت على عدد أكبر من الناقلات العصبية، وكانت أثقل وزناً، ويصلها إمداد دم أفضل مقارنةً بتلك من البيئات الأقل تنبيهاً. كان روزنـــزويغ واحداً من أوائل العلماء الذين وضّحوا اللدونة العصبية بإظهار أنّ النشاط يمكن أن يُنتج تغيّرات في تركيب الدماغ.

الـــتمع بارق أمل لباربارا. لقد أظهر روزنـــزويغ أنّ الدماغ يمكن أن يُعدَّل. ورغم أنّ العديد شكّوا في ذلك، إلا أنه عنى بالنسبة إليها أنّ التعويض قد لا يكون الحلّ الوحيد. وسيكون دورها الخاص أن تربط أبحاث روزنـــزويغ ولوريا.

عزلت باربارا نفسها وبدأت تكدح إلى حدّ الإنهاك أسبوعاً بعد أسبوع – مع فتـــرات قصيرة فقط للنوم – بتمارين عقلية صمّمتها بنفسها، رغم عدم وجود أية

ضمانة بأنها ستقود إلى أية نتيجة. بدلاً من ممارسة التعويض، قامت بتمرين وظيفتها الأضعف، ألا وهي ربط عدد من الرموز بعضها ببعض. اشتمل أحد التمارين على قراءة مئات البطاقات التي تصوّر وجوه ساعات تُظهر أوقات مختلفة. طلبت باربارا مـن جوشـوا كوهين أن يكتب الوقت الصحيح خلف كلّ بطاقة، وقامت بخلط البطاقات كي لا تتمكّن من حفظ الإجابات. وهكذا كانت تسحب بطاقة وتحاول أن تُخبر الوقت، وتتحقّق من الإجابة، ومن ثمّ تنتقل إلى البطاقة التالية بأقصى سرعة تـستطيعها. وحـين كانت تعجز عن قراءة الوقت بشكلٍ صحيح، كانت تقضي سـاعات مستخدمةً ساعة حقيقية، حيث كانت تدير العقارب ببطء، وتحاول أن تفهـم لمـاذا عندما تكون الساعة 2:45، يكون عقرب الساعات عند ثلاثة أرباع الطريق نحو الرقم ثلاثة.

وعـندما بدأت أخيراً في إعطاء الإجابات الصحيحة، أضافت عقرباً للثواني، وآخر لأجزاء الثانية (1/60). وفي نهاية أسابيع عديدة منهكة، لم تكن باربارا قادرةً فقـط علـى قراءة الساعة أسرع من الناس الطبيعيين، بل لاحظت أيضاً تحسّناً في صـعوباتها الأخـرى المـتعلّقة بالـرموز، وبـدأت لأوّل مرة تستوعب النحو، والرياضـيات، والمـنطق. والأهمّ أنها أصبحت قادرةً على فهم ما يتفوّه به الناس. للمرة الأولى في حياتها، بدأت باراباراً تعيش في الزمن الفعلي.

ومُـستحثّةً بـنجاحها الأوّلي، قامت باربارا بتصميم تمارين لحالات عجزها الأخـرى - صعوباتها في ما يتعلّق بالحيّز، وبمعرفة كم تحرّكت أطرافها، وعجزها البصري - واستطاعت أن تصل بها إلى المستوى العادي.

تـزوجت باربـارا مـن جوشـوا كوهين، وافتتحا في العام 1980 مدرسة أروسميث في تورنتو. قاما بالأبحاث معاً واستمرّا في تطوير تمارين للدماغ وفي إدارة المدرسة يوماً بعد يوم. وفي النهاية انفصلا، ومات جوشوا في العام 2000.

وبـسبب قلّة من عرف بشأن اللدونة العصبية أو تقبّلها أو صدّق بأنّ الدماغ يمكن تمرينه كما لو كان عضلة، لم يكن هناك سياقٌ يمكن فيه فهم عملها إلا نادراً. تمّ تـصويرها من قِبَل بعض النقّاد بأنها تقوم بادّعاءات لا يمكن إقامة الدليل عليها، وهـي أنّ حالات العجز التعلّمي قابلةٌ للعلاج. ولكن بدلاً من أن تُثنيها الشكوك عـن عملها، استمرّت في تصميم تمارين لمناطق ووظائف الدماغ الأكثر ضعفاً في

أولــئك الذين يعانون من عجزٍ تعلُّمي. وفي تلك السنوات التي لم يتوفّر فيها مسحٌ للـــدماغ عالي التقنية، اعتمدت باربارا على عمل لوريا لفهم الوظائف العقلية التي تعالجهـــا عادةً كل منطقة في الدماغ. كان لوريا قد شكّل خريطته الخاصة للدماغ بالعمــــل مع مرضى مثل زازتسكي. ولاحظ أين حدث جُرح الجندي وربط هذا الموقع بالوظائف العقلية المفقودة. وجدت باربارا أنّ الاضطّرابات التعلّمية كانت في أغلب الأحيان نُسَخاً أكثر اعتدالاً من العجز التفكيري المُشاهَد في مرضى لوريا.

يخضع طلاب مدرسة أروسميث - أطفال وراشدون على حدّ سواء - إلى ما يقارب الأربعين ساعة من التقييم من أجل التحديد الدقيق لوظائف الدماغ الضعيفة وما إذا كان من الممكن تقويتها. يجلس الطلاب المقبولون، الذين كان العديد منهم شـــاردي الـــذهن في مدارس نظامية، بهدوء يعملون على أجهزة الكمبيوتر. كان الــبعض مـــنهم يـــتداوى "بالريتالين" لدى دخولهم إلى المدرسة، بسبب إصابتهم باضطّراب نقص الانتباه بالإضافة إلى اضطّرابات تعلُّمية. ومع تقدّم تمارينهم، أصبح بإمكـــان البعض التوقّف عن تناول الدواء لأنّ مشاكلهم المتعلّقة بالانتباه هي ثانوية بالنسبة إلى اضطّراباتهم التعلّمية الأساسية.

أمـــا الأطفـــال الـــذين كانوا، مثل باربارا، عاجزين عن قراءة الساعة، فهم يمارســـون تمـــارين على الكمبيوتر يقرأون فيها بعقلٍ خدر ساعات معقّدة بعشرة عقـــارب (لا تـــشتمل فقـــط على عقارب للساعاتً والدقائق والثّواني، بل أيضاً لتقسيمات زمنية أخرى مثل الأيام والشهور والسنوات) في غضون ثوان فقط. هم يجلـــسون بهدوء، مركّزين بشدة، إلى أن يُحرزوا ما يكفي من الإجاباتً الصحيحة للانتقال إلى المستوى التالي الأعلى، حيث يصيحون بصوت مرتفع "نعم!" وتُضيء شاشات كمبيوتراتهم لتهنئتهم. وعندما ينتهون، يكون بإمكانهم أن يقرأوا ساعات أكثر تعقيداً بكثير من تلك التي يمكن لأيّ شخصٍ "عادي" أن يقرأها.

وعلـــى طـــاولات أخرى، يدرس الأطفالُ الأحرف الهندية والفارسية لتقوية ذاكـــرتهم البصرية. إنّ أشكال هذه الحروف غير مألوفة، ويتطلّب تمرين الدماغ من الأطفال أن يتعلّموا تمييز هذه الأشكال الغريبة بسرعة.

ويـــضع أطفـــالٌ آخـــرون، مـــثل قراصنة صغار، رُقعاً على أعينهم اليسرى ويستشفّون بكدّ خطوطاً معقّدة وخربشات وحروفاً صينية بأقلام حبر. تُجبر رُقعة

العين المُدخلات البصرية نحو العين اليُمنى، ومن ثمّ إلى جانب الدماغ حيث يعانون من مشاكل. لا يتعلّم هؤلاء الأطفال أن يكتبوا بشكلٍ أفضل فحسب. فمعظمهم يعاني من ثلاث مشاكل مرتبطة: صعوبة في التكلّم بطريقة سلسة مسترسلة، وصعوبة في الكتابة بنظام، وصعوبة في القراءة. تعتقد باربارا، مُتَّبعةً لوريا، أنّ جميع الصعوبات الثلاث سببها ضعفٌ في وظيفة الدماغ التي تساعدنا عادةً على تنسيق وربط عدد من الحركات عندما نقوم بتأدية هذه المهام.

عندما نتكلّم، فإنّ دماغنا يحوّل تتابعاً من الرموز - الأحرف وكلمات الفكرة - إلى تتابعٍ من الحركات يقوم بها لساننا وعضلات شفتينا. تعتقد باربارا، مُتّبعةً لوريا أيضاً، أنّ جزء الدماغ الذي يربط هذه الحركات معاً هو القشرة قبل الحركية اليسرى للدماغ. لقد أحلتُ عدة أشخاص يعانون من ضعف في هذه الوظيفة الدماغية إلى مدرسة باربارا، ومن بينهم صبي كان دوماً مُحبطاً لأنّ سرعة توارد أفكاره كانت أكبر من سرعته في تحويلها إلى كلام، وغالباً ما كان يُهمل قدراً كبيراً من المعلومات، ويواجه صعوبةً في إيجاد الكلمات، ويتحدّث على نحوٍ غير مترابط. كان شخصاً اجتماعياً جداً، ولكنه مع ذلك لم يكن يستطيع التعبير عن نفسه ولهذا كان يبقى صامتاً معظم الوقت. وعندما كان يُطرَح عليه سؤالٌ في الصفّ، كان يعرف الإجابة غالباً ولكنه كان يستغرق وقتاً طويلاً ليفصح عنها، بحيث إنه كان يبدو أقل ذكاءً بكثير مما هو عليه حقيقةً، وبدأ يشكّ في نفسه.

عندما نكتب فكرةً، فإنّ دماغنا يحوِّل الكلمات - التي هي رموز - إلى حركات للأصابع واليدين. كان الصبي نفسه يكتب بصورة متقطّعة جداً لأنّ قدرة المعالجة لديه الخاصة بتحويل الرموز إلى حركات كانت تُثقَل بالحمل بسهولة، بحيث كان مضطّراً للكتابة باستخدام حركات عديدة صغيرة ومنفصلة بدلاً من حركات طويلة مسترسلة. ورغم أنه قد عُلِّم الكتابة الجارية (بأحرف متّصلة)، إلا أنه فضّل أن يكتب بأحرف غير متّصلة. (كراشدين، يمكن غالباً تمييز الأشخاص الذين يعانون من هذه المشكلة لأنهم يفضِّلون أن يكتبوا بأحرف منفصلة أو أن يطبعوا. عندما نكتب بأحرف منفصلة، نحن نستخدم بضع حركات فقط بالقلم، وهو ما يتطلّب جهداً أقلّ من الدماغ. أمّا في الكتابة المتّصلة، فنحن نكتب عدة

حــروف في كل مرة، ويجب على الدماغ أن يعالج حركات أكثر تعقيداً). كانت الكتابة مؤلمة بصورة خاصة للصبــي لأنه غالباً ما كان يعرف الإجابات الصحيحة في الاختــبارات ولكــنه كان يكتب بشكلٍ بطيءٍ جداً بحيث لم يكن بإمكانه أن يــدوّنها جميعاً. وكان أحياناً يفكّر في كلمة أو حرف أو عدد، ولكنه يكتب غيره. غالــباً مــا يتمّ اتّهام هؤلاء الأطفال بأنهم مهملون، ولكنّ الحقيقة هي أنّ أدمغتهم المُثقلة بحملها تستحثّ الحركات الخاطئة.

يعــاني الطلاب المصابون بهذا العجز من مشاكل في القراءة أيضاً. عندما نقرأ، فــإنّ الدماغ عادةً يقرأ جزءاً من جملة، ثم يوجّه العينين للتحرُّك المسافة المناسبة عبر الــصفحة لاســتيعاب الجــزء التالي من الجملة، وهو ما يتطلّب تتابعاً مستمراً من حركات العين الدقيقة.

كانت قراءة الصبــي بطيئة جداً لأنه كان يُغفِل كلمات، ويفقد المكان الذي وصــل إلــيه في القــراءة، ومن ثمّ يفقد تركيزه. كانت القراءة بالنسبة إليه طاغية ومــنهكة. وفي الامــتحانات، كان يخطئ في فهم السؤال غالباً، وعندما حاول أن يصحّح إجاباته، كان يُغفِل مقاطع كاملة.

اشــتملت تمارين الدماغ لهذا الصبــي في مدرسة أروسميث على استشفاف خطوط معقدة لتنبيه عصبوناته في المنطقة قبل الحركية الضعيفة. وجدت باربارا أنّ تمــارين الاستشفاف تحسّن الأطفال في المجالات الثلاثة جميعها - التكلّم، والكتابة، والقراءة. وحين تخرّج الصبــي، كانت قراءته فوق مستوى الصفّ وكان بإمكانه أن يقرأ من أجل المتعة للمرة الأولى في حياته. وتكلّم بتلقائية أكثر مُستخدماً جُملاً أطول وأكثر اكتمالاً، وتحسّنت كتابته.

يستمع بعض الطلاب في المدرسة إلى أقراص مدمّجة ويحفظون عن ظهر قلب قصائد لتحسين ذاكرتهم السمعية الضعيفة. غالباً ما ينسى هؤلاء الأطفال التعليمات ويُظــنّ أنهــم غير مسؤولين أو كسولين، في حين أنّ الحقيقة هي أنهم يعانون من مــشكلة دماغية. وفي حين أنّ الشخص العادي يستطيع أن يتذكّر سبعة بنود غير مــرتبطةً (مثل رقم هاتف مكوّن من سبعة أرقام)، فإنّ هؤلاء الناس يستطيعون أن يتذكّــروا رقمــين أو ثلاثة فقط. والبعض منهم يدوّن ملاحظات إجبارياً كي لا ينسى. وفي الحالات الوخيمة، لا يمكنهم أن يتابعوا مقطع أغنية من بدايته إلى نهايته،

ويصبحون مُثقلين جداً بحيث يفقدون التناغم. ويعاني البعض منهم من صعوبةٍ في تذكُّر ليس فقط اللغة المنطوقة بل أيضاً أفكارهم الخاصة، لأنّ التفكير باللغة لديهم بطيء. يمكن معالجة هذا العجز بتمارين الاستظهار من غير فهم (الصَّمّ).

طوّرت باربارا أيضاً تمارين دماغية للأطفال الذين هم خُرْق اجتماعياً بسبب وجود ضعف لديهم في وظيفة الدماغ التي ستتيح لهم أن يقرأوا التلميحات غير اللفظية. وهناك تمارين أخرى لأولئك الذين يعانون من خللٍ في الفصّ الجبهي والذين هم اندفاعيون أو يعانون من مشاكل في التخطيط، أو تطوير الاستراتيجيات، أو تدبّر ما هو مناسب، أو تشكيلِ الأهداف والالتزام بها. وغالباً ما يبدون غير منظّمين، وطائشين، وعاجزين عن التعلّم من أخطائهم. تعتقد باربارا أنّ الكثير من الناس الموصوفين بأنهم "هستيريون" أو "غير اجتماعيين" لديهم ضعفٌ في هذه المنطقة.

إنّ تمارين الدماغ محوِّلةٌ للحياة. أخبرني شابٌ أميركي متخرِّج من الجامعة أنه عندما جاء إلى المدرسة في عمر الثالثة عشرة، كانت مهاراته في القراءة والرياضيات لا تزال بمستوى طالب في الصف الثالث. وقد أُخبِر بعد اختبار عصبي سيكولوجي في جامعة تافتس أنه لن يتحسّن أبداً. وكانت قد جرّبت والدته وضعه في عشر مدارس مختلفة للطلاب الذين يعانون من حالات عجز تعلّمي، ولكنه لم يستفد في أيّ منها. وبعد ثلاث سنوات في مدرسة أروسميث، أصبحت مهاراته في القراءة والرياضيات مثل طالب في الصف العاشر. والآن تخرّج من الجامعة ويعمل في مجال رأس المال المجازفة. وجاء طالبٌ آخر إلى مدرسة أروسميث في السادسة عشرة من عمره يقرأ كما لو كان في الصفّ الأول. كان والداه، وهما معلّمان كلاهما، قد جرّبا جميع تقنيات التعويض القياسية. وبعد أربعة عشر شهراً في مدرسة أروسميث أصبح يقرأ الآن مثل طالب في الصفّ السابع.

لدينا جميعاً بعض الوظائف الدماغية الضعيفة. تملك التقنيات المستندة إلى اللدونة العصبية إمكانات عظيمة لمساعدة كل واحد منا تقريباً. يمكن أن يكون لنقاط ضعفنا تأثير عميق على نجاحنا المهني، لأنّ معظمَ الوظائف تتطلّب استعمال وظائف دماغية متعدّدة. استخدمت باربارا تمارين الدماغ لإنقاذ فنّان موهوب كانت لديه قدرة رسم ممتازة وإحساس باللون، ولكنّ قدرته على تمييز أشكال

الأشــياء كانت ضعيفة (تعتمد القدرة على تمييز الأشياء على وظيفة دماغية مختلفة تمامــاً عن تلك الوظائف اللازمة لرسم أو رؤية اللون. إنها المهارة نفسها التي تتيح لبعض الناس أن يتفوّقوا في ألعاب مثل *Where's Waldo?*. غالباً ما تكون النساء أفــضل في هذه اللعبة من الرجال، ولهذا يبدو الرجال أنهم يجدون صعوبةً أكثر في إيجاد الأشياء في البرّاد).

ســاعدت باربــارا أيضاً محامياً ذا مستقبلٍ باهر كان يتكلّم بصورة رديئة في المحكمــة بسبب عجز في التلفّظ في منطقة بروكا. ونظراً لما يبدو من أنّ استهلاك الجهــد العقلــي الإضافي لدعم منطقة ضعيفة يحوّل الموارد من المناطق القوية، فإنّ شخــصاً بمشكلة في منطقة بروكا قد يجد صعوبةً أيضاً في التفكير أثناء الكلام. بعد ممارسة تمارين دماغية مركّزة على منطقة بروكا، واصل المحامي حياته المهنية بنجاح في قاعة المحكمة.

إنّ مقاربــة أروسمــيث، واستخدام تمارين الدماغ بشكلٍ عام، لها آثارٌ هامة علــى التعليم. من الواضح أنّ العديد من الأطفال سيستفيدون من تقييم مستند إلى مــناطق الدماغ لتعيين وظائفهم الضعيفة وتصميم برنامج لتقويتها - وهي مقاربةٌ أكثــر إنتاجية بكثير من التعليم الذي يكرّر درساً فقط ولا يقود إلا إلى إحباط لا ينتهي. عنما تتمّ تقوية "الحلقات الضعيفة في السلسلة"، فإنّ الناس يكتسبون وصولاً إلى مهارات كان تطوّرها معوقاً في السابق، ويشعرون أنهم قد تحرّروا بشكلٍ هائل. كــان لدى واحد من مرضاي، قبل أن يقوم بتمارين الدماغ، إحساسٌ بأنه ذكيٌّ جداً ولكــنه غير قادر على الاستفادة بشكلٍ كامل من ذكائه. ولفترة طويلة، كنت أحسب خاطئاً أنّ مشاكله استندت بشكلٍ رئيسي إلى تضاربات سيكولوجية، مثل الخوف من المنافسة، وتضاربات مدفونة بشأن التفوّق على والديه وأشقّائه. لقد وُجدت تضاربات كهــذه بالفعــل، وكانــت بالفعل تعوق تقدمه. ولكني بدأتُ أرى أنّ تضاربه بشأن الــتعلُّم - رغبته في تفاديه - قد استند في معظمه إلى سنوات من الإحباط وإلى خوف حقيقي من الفشل يستند إلى عجزٍ في دماغه. وما إن تمّ تحريره من صعوباته من خلال تمارين أروسميث، حتى برز حبّه الصُّلْبــي للتعلُّم بأقصى قوّته.

إنّ ســخرية هذا الاكتشاف الجديد هي ما بدا من إحساس العلماء التربويين على مدى مئات السنين بأنّ أدمغة الأطفال يجب أن تُعزَّز بالفعل من خلال تمارين

متزايدة الصعوبة تقوّي وظائف الدماغ. فحتى القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، اشتمل التعليم التقليدي غالباً على استظهارٍ من غير فهم (صمّ) لقصائد طويلة بلغات أجنبية، وهو ما قوّى الذاكرة السمعية (وبالتالي التفكير في اللغة) وعلى انتباه تعصّبي تقريبا للكتابة (الخط) ساعد على الأرجح على تقوية القدرات الحركيّة وبالتالي لم يساعد فقط على تحسين الكتابة ولكنه زاد من سرعة وطلاقة القراءة والكلام. وغالباً ما كان يتمّ توجيه انتباه عظيم إلى طريقة الإلقاء وتحسين طريقة التلفّظ بالكلمات إلى الحدّ الأمثل. ثمّ حذف العلماء التربويون في ستينيات القرن الماضي هذه التمارين التقليدية من المنهج الدراسي لأنها كانت صارمة جداً ومملّة و"غير مناسبة". ولكنّ خسارة هذه التمارين كانت مُكلفة؛ ربما كانت الفرصة الوحيدة للعديد من الطلاب ليدرّبوا منهجياً وظيفة الدماغ التي تعطينا التناسق والطلاقة بالرموز. وبالنسبة إلى البقية منا، فإنّ اختفاء هذه التمارين ربما أسهم في الانحدار العام للفصاحة التي تتطلّب ذاكرةً ومستوىً من القدرة الدماغية السمعية غير المألوفة لنا الآن. في مناظرات لنكولن-دوغلاس في العام 1858، كان المتناظرون يتحدّثون بارتياح لساعة أو أكثر بدون ملاحظات، في فقرات محفوظة مطوّلة. أما اليوم فإنّ العديد من أكثرنا تعلُّماً، الذين تعلّموا في نخبة المدارس منذ ستينيات القرن الماضي، يفضّل عرض الباوربوينت *PowerPoint* الكليّ الوجود — البديل الأفضل لضعف اللحاء قبل الحركي.

يجبرنا عمل باربارا أروسميث يونغ على أن نتخيل حجم الفائدة التي يمكن تحقيقها إذا خضع كل طفلٍ لتقييم مستندٍ إلى مناطق الدماغ، وتمّ ابتداع برنامج مكيّف وفقاً لحاجة كل طفلٍ، في حال وجود مشكلة لديه، من أجل تقوية المناطق الأساسية في السنوات المبكرة حين تكون اللدونة العصبية أقوى ما يمكن. من الأفضل بكثير أن نقضي على مشاكل الدماغ في المهد من أن نسمح للطفل أن يثبّت في عقله فكرة أنه "غبي"، ويبدأ في كره المدرسة والتعلُّم، ويتوقف عن تشغيل المنطقة الضعيفة، ليخسر بذلك أية قوة قد تكون لديه. غالباً ما يتقدّم الأطفال الأصغر سناً بسرعة أكبر من خلال تمارين الدماغ مقارنةً بالمراهقين، ربما لأنّ عدد الاتصالات بين العصبونات، أو المشابك، في الدماغ غير المكتمل النموّ هو أكثر بخمسين بالمائة من ذاك في الدماغ الراشد[2]. عندما نصل إلى سنّ المراهقة،

تبدأ عملية "تقليم" ضخمة في الدماغ، تموت فيها الاتصالات المشبكية والعصبونات التي لم يتمّ استخدامها بصورة شاملة على نحوٍ مفاجئ - حالة تقليدية لفكرة "استعمله أو اخسره". من الأفضل على الأرجح أن نقوّي المناطق الضعيفة بينما لا يزال كل ذلك العقار القشري الحقيقي متوفراً. ومع ذلك، يمكن أن تكون التقييمات المستندة إلى مناطق الدماغ مفيدةً خلال كامل مراحل المدرسة وحتى في الجامعة، عندما يفشل الطلاب الذين كان أداؤهم جيداً في المدرسة الثانوية لأنّ وظائفهم الدماغية الضعيفة مُثقلَة بمتطلبات متزايدة. وبصرف النظر عن هذه الأزمات، فإنّ كل راشد يمكن أن يستفيد من تقييم معرفي مستند إلى الدماغ، أو من اختبار لياقة معرفية، لمساعدته في فهم دماغه بشكلٍ أفضل.

لقد مرّت سنوات منذ أن قام مارك روزنزويغ بتجاربه الأولى على الجرذان التي ألهمت باربارا وأرتها أنّ البيئات المُغناة (المُخَصَّبَة) والتنبيه تقود الدماغ إلى النموّ. بيّنت مختبراته ومختبرات الآخرين على مدى السنوات أنّ تنبيه الدماغ يجعله ينمو بكل طريقة يمكن تصوّرها. إنّ الحيوانات التي تُربّى في بيئات مُغناة - محاطة بحيوانات أخرى، وأشياء لتستكشفها، وألعاب لتدحرجها، وسلالم لتتسلّقها، وعجلات دوّارة - تتعلّم على نحوٍ أفضل من الحيوانات المطابقة لها وراثياً، والتي تمّت تربيتها في بيئات فقيرة. يتواجد الأسيتيل كولين، وهو مادة كيميائية دماغية أساسية للتعلّم، بنسبة أعلى في الجرذان المدرّبة على معضلات حيِّزية صعبة مما هو في الجرذان المدرّبة على معضلات أبسط[3]. إنّ التدريب العقلي أو الحياة في بيئات مُغناة يزيد وزن الدماغ بنسبة 5 بالمئة[4] في القشرة المخّية للحيوانات وحتى 9 بالمئة في مناطق ينبّهها التدريب مباشرة[5]. تطوّر العصبونات المدرَّبة أو المنبَّهة فروعاً أكثر بنسبة 25 بالمئة[6] وتزيد حجمها[7]، وعدد الاتصالات لكل عصبون[8]، وإمدادها من الدم[9]. يمكن لهذه التغيّرات أن تحدث لاحقاً في الحياة، رغم أنها لا تتطوّر في الحيوانات الأكبر سناً بنفس سرعة تطوّرها في الحيوانات الأصغر[10]. تمت مشاهدة تأثيرات مماثلة للتدريب والتعزيز على تركيب بنية الدماغ في جميع أنواع الحيوانات التي تمّ اختبارها حتى اليوم[11].

وبالنسبة إلى الناس، فقد أظهرت فحوص ما بعد الوفاة أنّ التعليم يزيد عدد الفروع بين العصبونات[12]. يؤدّي العدد المتزايد من الفروع إلى إبعاد العصبونات

عن بعضها أكثر، ما يقود إلى زيادة في حجم وسماكة الدماغ[13]. إنّ الفكرة القائلة بأنّ الدماغ هو مثل عضلة تنمو مع التمرين ليست مجرّد تعبيرٍ مجازي.

هناك بعض الأشياء التي لا يمكن أبداً جمعها مرةً أخرى. بقيت يوميات ليوفا زازتسكي في معظمها سلسلةً من الأفكار المتجزّئة حتى النهاية. ولم يستطع ألكسندر لوريا، الذي اكتشف معنى تلك الأجزاء، أن يساعده فعلياً. ولكنّ قصة حياة زازتسكي مكّنت باربارا أروسميث يونغ من أن تُشفي نفسها وهي الآن تساعد الآخرين على الشفاء.

واليوم، تبدو باربارا أروسميث يونغ حادة الذهن وطريفة، دون أية عوائق مُلاحَظة في عملياتها العقلية. هي تنتقل بسلاسة من نشاط إلى آخر، وتتقن مهارات عديدة.

لقد بيّنت باربارا أنّ الأطفال الذين يعانون من عجزٍ تعلُّمي يستطيعون غالباً أن يتجاوزوا التعويض وأن يصحّحوا مشكلتهم الأساسية. ومثل جميع برامج التمارين الدماغية، فإنّ عملها هو أفضل وأسرع للناس الذين يعانون من بضع صعوبات فقط. ولكن بسبب تطويرها لتمارين للعديد من الاختلالات الوظيفية الدماغية، فهي غالباً قادرة على مساعدة الأطفال الذين يعانون من عجزٍ تعلّمي متعدّد، كما كانت هي نفسها، قبل أن تبني لنفسها دماغاً أفضل.

3

إعادة تصميم الدماغ

عالِمٌ يغيّر الأدمغة لزيادة حدّة الإدراك الحسّي والذاكرة، وزيادة سرعة التفكير، وإشفاء مشاكل التعلّم

مايكـــل ميرزنيـــتش هـــو قوةٌ دافعة خلف عدد كبير من ابتكارات اللدونة العصبية والاختراعات العملية، وأنا أقود على الطريق إلى سانتا روزا في كاليفورنيا لإيجاده. هو الاسم الذي يُثنَى عليه كثيراً جداً من قِبَل اختصاصيي اللدونة العصبية الآخـــرين، وهـــو الأصـــعب مـــن بينهم جميعاً من جهة العثور عليه. فقط عندما اكتشفتُ أنه سيكون في مؤتمر في تكساس، وذهبت إلى هناك وجلست بجانبه، أن استطعت أن أرتِّب للقاء معه في سان فرانسيسكو.

يقول: "استخدم عنوان البريد الإلكتروني **هذا**".

"وإذا لم تستجب مرةً أخرى؟".

"كن مصرّاً".

وفي الدقيقة الأخيرة، غيّر مكان لقائنا ليكون في فيلته في سانتا روزا.

يستحق ميرزنيتش عناء البحث عنه.

وقـــد وصفه عالم الأعصاب الإيرلندي إيان روبرتسون بأنه "باحث العالم الأول في مجال لدونة الدماغ". حقل اختصاص ميرزنيتش هو تحسين قدرة الناس علـــى التفكير والفهم بإعادة تصميم دماغهم من خلال تدريب مناطق معالجة محـــدّدة، تُدعَـــى خرائط الدماغ، كي تقوم بالمزيد من العمل العقلي. وقد بيّن

أيضاً، ربما أكثر من أي عالمٍ آخر، بتفصيلٍ علمي غني **كيف** تتغيّر مناطق المعالجة في أدمغتنا.

هذه الفيلا في تلال سانتا روزا هي المكان الذي يُبطئ فيه ميرزنيتش ويجدِّد نفسه. هذا الهواء، وهذه الأشجار، وهذه الكروم، تبدو مثل قطعة من توسكانيا أُعيد زرعها في أميركا الشمالية. سأقضي الليلة هنا معه ومع أسرته، وفي الصباح سننطلق إلى مختبره في سان فرانسيسكو.

يدعوه أولئك الذين يعملون معه باسم "ميرز" تناغماً مع اللفظتين الإنكليزيتين "*whirs*" و"*stirs*"، وهما تعنيان "يطنّ" و"يحرِّك" على الترتيب. وبينما يقود سيارته الصغيرة المكشوفة السقف إلى الاجتماع الذي دُعي إليه ضمن اجتماعات أخرى بعد الظهر، يتطاير شعره الرمادي في الهواء، ويخبرني أنّ العديد من ذكرياته النابضة بالحياة في النصف الثاني من حياته - هو الآن في الحادية والستين من العمر - عبارة عن محادثات بشأن أفكار علمية، وأسمعه يناقشها على هاتفه الخلوي. وبينما نعبر واحداً من جسور سان فرانسيسكو الرائعة، يدفع ميرزنيتش رسماً ليس عليه أن يدفعه بسبب استغراقه الشديد بالمفاهيم التي نناقشها. لديه دزينات من المشاريع المشتركة والتجارب الجارية جميعاً في الوقت نفسه وقد أسّس عدة شركات. هو مزيج مثيرٌ للاهتمام من الشدّة ورفع الكلفة. وُلِد ميرزنيتش في لبانون في أوريغون من سلالة ألمانية، ورغم أنّ اسمه ألماني وعمله أخلاقي صارم، إلا أنّ كلامه *West Coast*، هادئ وعملي.

من بين اختصاصيي اللدونة العصبية البارزين، فإنّ ميرزنيتش هو الذي قام بالادّعاءات الأكثر طموحاً في هذا الحقل: أنّ تمارين الدماغ يمكن أن تكون مفيدة بقدر العقاقير لمعالجة أمراض وخيمة بقدر الفصام، وأنّ اللدونة موجودة من المهد إلى اللحد، وأنّ التحسّن الجذري في الوظيفة المعرفية - كيف نتعلّم، ونفكّر، ونفهم، ونتذكّر -ممكنٌ حتى لدى المسنِّين. وبراءة اختراعاته الأخيرة هي لتقنيات تعِد بإتاحة الفرصة للراشدين لتعلّم مهارات اللغة، بدون الاستظهار المُجهد. يجادل ميرزنيتش بأنّ ممارسة مهارة جديدة، تحت الظروف المناسبة، يمكن أن يغيِّر مئات الملايين وربما المليارات من الاتصالات بين الخلايا العصبية في خرائط دماغنا[1].

إذا كنت مُتشكّكاً في ادّعاءات مذهلة كتلك، فلا تنسَ أنها صادرةٌ عن رجلٍ ساعد بالفعل في علاج بعض الاضطّرابات التي اعتُبرت لفترةٍ أنها مستعصيةٌ على

العلاج. طوّر ميرزنيتش مع مجموعته في بداية حياته المهنية التصميم الشائع الاستخدام للغُرسة القوقعية، التي تجيز للأطفال الصُّمّ خلقياً أن يسمعوا. كما أنّ عمله الحالي الخاص باللدونة العصبية يساعد الطلاب العاجزين تعلُّمياً على تحسين معرفتهم وإدراكهم. ابتكر ميرزنيتش سلسلةً من برامج الكمبيوتر المستندة إلى اللدونة العصبية تُعرف باسم فاست فورورد *Fast ForWord*، وهي مصمّمة بشكل لعبة أطفال. المذهل في هذه اللعبة هو مدى سرعة حدوث التغيُّر. ففي بعض الحالات، حدث التحسّن بعد ثلاثين إلى ستين ساعة فقط من بدء العلاج، وذلك في أناسٍ كانت لديهم صعوبات معرفية لازمتهم منذ الولادة. وعلى نحوٍ غير متوقّع، قد ساعد البرنامج أيضاً في علاج عددٍ من الأطفال المتوحّدين (الفصاميين الذاتيين).

يدّعي ميرزنيتش أنه عندما يحدث التعلُّم بطريقة متساوقة مع القوانين التي تحكم لدونة الدماغ، فإنّ "الآلية" العقلية للدماغ يمكن تحسينها بحيث إننا نتعلّم ونفهم بصورةٍ أدقّ وأسرع وأكثر احتباساً للمعلومات.

من الواضح أننا نزيد معرفتنا عندما نتعلّم. ولكنّ ادّعاء ميرزنيتش هو أننا نستطيع أيضاً أن نغيِّر تركيب الدماغ نفسه وأن نزيد قدرته على التعلُّم. إنّ الدماغ، خلافاً للكمبيوتر، يكيِّف نفسه باستمرار.

يقول ميرزنيتش عن الطبقة الخارجية الرقيقة للدماغ: "إنّ القشرة المخّية تقوم إنتقائياً بتحسين قدرات المعالجة الخاصة بها لتتلاءم مع كل مهمة تقوم بها". إنها لا تتعلّم فقط، ولكنها دائماً "تتعلّم كيف تتعلّم"[(2)]. إنّ الدماغ الذي يصفه ميرزنيتش ليس وعاءً ميّتاً نقوم نحن بتعبئته، بل هو أكثر شبهاً بكائن حيّ ذي شهيّة يمكنه أن ينمو ويغيّر نفسه من خلال التغذية الملائمة والتمرين. قبل عمل ميرزنيتش، كان الدماغ يُرَى كآلة معقّدة ذات حدود راسخة للذاكرة، وسرعة المعالجة، والذكاء. لقد أثبت ميرزنيتش خطأ كل هذه الافتراضات.

لم يشرع ميرزنيتش في عمله ليفهم كيف يتغيّر الدماغ. ولكنه وقع صدفةً على حقيقة أنّ الدماغ يمكن أن يغيّر خرائطه. ورغم أنه لم يكن أوّل عالِم يوضّح اللدونة العصبية، إلا أنّ التجارب التي أجراها باكراً في أوّل حياته المهنية كانت وراء توصّل علماء الأعصاب ذوي الاتّجاه السائد إلى قبول لدونة الدماغ.

من أجل أن نفهم كيف يمكن تغيير خرائط الدماغ، نحن بحاجة أولاً إلى الحصول على صورةٍ لها. وُضِّحت هذه الخرائط لأول مرة في الإنسان(3) بواسطة جرّاح الأعصاب الدكتور ويلدر بنفيلد في معهد مونتريال العصبي في ثلاثينيات القرن الماضي. بالنسبة إلى بنفيلد، فإنّ "رسم خريطة" لدماغ مريض عنى إيجاد الأماكن في الدماغ التي يتمّ فيها تمثيل أجزاء الجسم المختلفة ومعالجة نشاطاها - مشروعٌ راسخ لمؤمن بفكرة التمركزية. اكتشف التمركزيون (القائلون بفكرة التمركزية) أنّ الفصّين الجبهيين كانا مقرّ الجهاز **الحركي** للدماغ، الذي يُبدئ وينسّق حركة عضلاتنا. أما الفصوص الثلاثة خلف الفص الجبهي، وهي الصدغي والقذالي والجداري، فتؤلّف الجهاز **الحسّي** للدماغ، الذي يعالج الإشارات المرسلة إلى الدماغ من مُستقبِلات الإحساس لدينا - العينين والأذنين، ومستقبِلات اللمس، وغيرها.

قضى بنفيلد سنوات وهو يضع خريطةً لأجزاء الدماغ الحسّية والحركية، أثناء إجرائه لعمليات جراحية في أدمغة مرضى السرطان والصرع الذين بقوا واعين خلال العملية بسبب عدم وجود مستقبِلات ألم في أدمغتهم. كلتا الخريطتين الحسّية والحركية هي جزءٌ من القشرة المخيّة التي تقع على سطح الدماغ وبالتالي يمكن الوصول إليها بسهولة بمجسّ. اكتشف بنفيلد أنه عندما كان يلمس خريطة الدماغ الحسّية لمريض بمجسّ كهربائي، كانت تستحثّ إحساسات يشعر ها المريض في جسده. واستخدم المجسّ الكهربائي لمساعدته في التمييز بين النسيج السليم الذي أراد حفظه والأورام غير الطبيعية أو النسيج المرضي الذي احتاج إلى إزالته.

عادةً، عندما تُلمَس يد أحدهم، فإنّ إشارةً كهربائية تعبر إلى الحبل الشوكي وصولاً إلى الدماغ، حيث تشغِّل خلايا في الخريطة التي تجعل اليد تشعر أها لُمست. وجد بنفيلد أنه يستطيع أيضاً أن يجعل المريض يشعر بأنّ يده قد لُمست بتشغيل منطقة اليد في خريطة الدماغ كهربائياً. عندما نبّه بنفيلد جزءاً آخر من الخريطة، شعر المريض أنّ ذراعه قد لُمست، وعندما نبّه جزءاً آخر مختلفاً، شعر المريض أنّ وجهه قد لُمس، وهكذا. وفي كل مرة كان ينبّه فيها منطقةً، كان يسأل مرضاه ماذا شعروا، كي يتأكّد من أنه لم يقطع نسيجاً سليماً. وبعد عمليات عديدة كهذه، كان بنفيلد قادراً على أن يُري المكان الذي يتمّ فيه تمثيل كل جزء من أجزاء سطح الجسم على خريطة الدماغ الحسّية.

فعـل بنفيلد الأمر نفسه لتحديد خريطة الدماغ الحركية، وهي جزء الدماغ الـذي يـسيطر على الحركات. استطاع بنفيلد، من خلال لمس أجزاء مختلفة من خـريطته، أن يـستحثّ حركات في رِجل المريض، وذراعه، ووجهه، وعضلات أخرى من جسمه[4].

أحـد الاكتشافات العظيمة التي قام بها بنفيلد هو أنّ خريطتَي الدماغ الحسّية والحـركية، مثل الخرائط الجغرافية، طبوغرافيتان، ما يعني أنّ المناطق المجاورة بعضها لـبعض علـى سـطح الجسم هي بشكلٍ عام مجاورة بعضها لبعض على خريطة الـدماغ. واكتـشف أيـضاً أنه عندما كان يلمس أجزاء معينة من الدماغ، كان يستحثّ ذكريات منسية من مرحلة الطفولة أو مشاهد أشبه بالحلم، وهو ما اقتضى وجود مواقع محدّدة للنشاطات العقلية الأعلى على خريطة الدماغ.

شكّلت خرائط بنفيلد صورة الدماغ لعدة أجيال[5]. ولكن بسبب اعتقاد العلماء أنّ الـدماغ لا يمكن أن يتغيّر، فقد افترضوا وعلّموا أنّ الخرائط ثابتة وشاملة[6] – هي نفسها في كل واحدٍ منا – رغم أنّ بنفيلد نفسه لم يدّعِ أياً من ذلك.

اكتـشف ميرزنيتش أنّ هذه الخرائط ليست ثابتة ضمن الدماغ الواحد، ولا هـي شاملة، ولكنها تختلف في حدودها وحجمها من شخصٍ إلى شخص. وأظهر في سلسلةٍ من التجارب الذكية أنّ شكل خرائط أدمغتنا يتغيّر اعتماداً على ما نفعله خلال حياتنا. ولكن من أجل أن يثبت هذه النقطة، احتاج ميرزنيتش إلى أداة أدقّ بكـثير من أقطاب بنفيلد الكهربائية... أداة يمكنها أن تكتشف التغيّرات في بضعة عصبونات فقط في كل مرة.

بيـنما كان طالباً في جامعة بورتلاند، استخدم ميرزنيتش وصديقٌ له معدّات مختـبر إلكترونية لتوضيح عاصفة النشاط الكهربائي في عصبونات الحشرات. وقد لفـتت هذه التجارب انتباه بروفيسور أُعجب بموهبة ميرزنيتش وفضوله وأوصى به في كلـية الدراسات العليا في جامعة هارفارد وجامعة جونـز هوبكنـز. وقد قُبل في كلـتا الجامعـتين. اخـتار ميرزنيتش جامعة هوبكنـز للحصول على شهادة الدكتوراه في الفسيولوجيا تحت إشراف واحد من أعظم علماء الأعصاب في ذلك الـوقت، وهـو فيرنون ماونتكاسل، الذي أوضح في خمسينيات القرن الماضي أنّ دقائـق تـركيب الدماغ يمكن أن تُكتشف بدراسة النشاط الكهربائي للعصبونات

باستخدام تقنية جديدة: رسم خريطة مجهرية للدماغ بأقطاب كهربائية مجهرية دبّوسية الشكل.

الأقطاب الكهربائية المجهرية صغيرةٌ جداً بحيث يمكن إقحامها داخل أو جانب عصبون واحد، ويمكنها أن تكتشف متى يقوم عصبون **فردي** بإطلاق إشارته الكهربائية لعصبونات أخرى. تعبر إشارة العصبون من القطب المجهري إلى مكبِّر ومن ثمّ إلى شاشة منظار الذبذبة، حيث تظهر كنتوء حاد. قام ميرزنيتش بمعظم اكتشافاته الهامة باستخدام الأقطاب المجهرية.

أتاح هذه الاختراع البالغ الأهمية لعلماء الأعصاب أن يحلّوا شيفرة اتصالات العصبونات، التي يوجد 100 مليار منها تقريباً في دماغ الإنسان الراشد[7]. باستخدام أقطاب كهربائية كبيرة، كما فعل بنفيلد، كان بإمكان العلماء أن يلاحظوا آلاف العصبونات وهي تطلق إشارات عصبية في وقت واحد. وباستخدام الأقطاب المجهرية، أصبح بإمكان العلماء أن يلحظوا عصبوناً واحداً أو عدة عصبونات في كل مرة أثناء اتّصالها بعضها مع بعض. لا يزال رسم خريطة مجهرية للدماغ أدّق بألف مرة تقريباً من الجيل الجديد من مسح الدماغ الذي يكتشف دفعات من النشاط تستمرّ لثانية واحدة في آلاف العصبونات. ولكنّ الإشارة الكهربائية للعصبون تستمرّ غالباً لجزءٍ من الألف من الثانية، ولهذا فإنّ مسح الدماغ يُغفِل قدراً استثنائياً من المعلومات[8]. ومع ذلك، فإنّ رسم خريطة مجهرية للدماغ لم يَحلّ محلّ مسح الدماغ لأنه يتطلّب جراحةً من نوعٍ طويلٍ ومملّ، تُجرَى تحت مجهر بأدوات جراحية مجهرية.

تكيّف ميرزنيتش مع هذه التكنولوجيا فوراً. من أجل أن يضع خريطة لمنطقة الدماغ التي تعالج الإحساس من اليد، كان ميرزنيتش يقطع جزءاً من جمجمة سعدان فوق القشرة الحسّية، كاشفاً قطعة بعرض 1 إلى 2 مليمتر، ومن ثمّ يُقحم قطباً مجهرياً بجانب عصبون حسّي. ثم كان يربّت على يد السعدان إلى أن يلمس جزءاً – طرف الإصبع مثلاً – يجعل العصب يطلق إشارة كهربائية نحو القطب المجهري. كان يسجّل موقع العصبون الذي مثّل طرف الإصبع، مؤسّساً النقطة الأولى على الخريطة. ثم كان يزيل القطب المجهري ويعيد إقحامه قرب عصبون آخر، ويربّت على أجزاء مختلفة من يد السعدان، إلى أن يحدّد موقع الجزء الذي

شـغّل ذلك العصبون. وقد فعل ذلك إلى أن رسم خريطة لكامل اليد. كان رسم خريطة واحدة يتطلّب خمسمائة إقحام ويستغرق عدة أيام، وقام ميرزنيتش وزملاؤه بآلاف من هذه العمليات الجراحية الكادّة للقيام باكتشافاتهم.

وفي ذلـك الـوقت تقـريباً، تمّ القيام باكتشاف حاسم أثّر في عمل ميرزنيتش للأبـد. ففي ستينيات القرن الماضي، تماماً حين شرع ميرزنيتش في استخدام الأقطاب الكهـربائية المجهرية على الدماغ، اكتشف عالمان آخران كانا يعملان أيضاً في جامعة جونـز هوبكنـز مع ماونتكاسل أنّ الحيوانات الصغيرة جداً تملك دماغاً لدناً. كان ديفـيد هـوبل وتورسن ويسل يضعان خريطة مجهرية للقشرة البصرية ليكتشفا طريقة معالجـة الـرؤية. أقحم العالمان أقطاباً مجهرية في القشرة البصرية لهريرات واكتشفا أنّ الأجـزاء المخـتلفة من القشرة قد عالجت الخطوط، والاتجاهات، والحركات لأشياء مُدرَكة بصرياً. واكتشفا أيضاً وجود "فترة حرجة"، تمتد من الأسبوع الثالث إلى الثامن مـن الحياة، **اضطّر** فيها دماغ الهريرة المولودة حديثاً إلى استقبال تنبيه بصري من أجل أن ينمو طبيعياً. وفي التجربة الحاسمة، خاط هوبل وويسل أحد جُفنَيْ الهريرة لإغماض العـين خـلال فترتها الحرجة، بحيث إنّ العين لم تعد تحصل على تنبيه بصري. وعندما فـتحا هذه العين المُغمَضة، وجدا أنّ المناطق البصرية في خريطة الدماغ التي تعالج عادةً المعلومات المُدخَلة من العين المُغمَضة قد عجزت عن النمو، وهو ما جعل الهريرة عمياء في تلـك العين مدى الحياة. من الواضح أنّ أدمغة الهريرات خلال الفترة الحرجة كانت لدنة، وقد تشكّلت بنيتها فعلياً من خلال التجربة.

وعـندما فحـص هـوبل وويسل خريطة الدماغ لتلك العين العمياء، حقّقا اكتشافاً آخر غير متوقّع بشأن اللدونة. فالجزء من دماغ الهريرة الذي تمّ حرمانه من المعلـومات المُدخَلـة مـن العين المُغمَضة لم يبقَ خاملاً. كان قد بدأ هذا الجزء في معالجة المُدخلات البصرية من العين المفتوحة، كما لو كان الدماغ لا يريد أن يضيّع أي "عقـار قشري" ووجد طريقة لتجديد اتصالاته الكهربائية - مؤشرٌ آخر على لدونة الدماغ في الفترة الحرجة. حاز هوبل وويسل على جائزة نوبل لعملهما هذا. ولكـن بالرغم من اكتشافهما اللدونة في مرحلة الطفولة، إلا أنهما بقيا تمركزيَين، ودافعـا عـن فكرة أنّ الدماغ الراشد يصبح"مُحكَم الدوائر الكهربائية" في نهاية مرحلة الطفولة لينجز وظائف في مواقع ثابتة.

أصبح اكتشاف الفترة الحرجة واحداً من أشهر الاكتشافات في علم الأحياء في النصف الثاني من القرن العشرين. وسرعان ما أظهر العلماء أنّ أنظمةً دماغية أخرى تتطلّب منبِّهات بيئية لتتطوّر. وبدا أيضاً أنّ كل نظام عصبي له فترة حرجة مختلفة، أو نافذة وقت، يكون خلالها لدناً بصورة خاصة وحسّاساً للبيئة، ويكون نموّه خلالها سريعاً ومُشكِّلاً (تقويمياً). على سبيل المثال، تبدأ الفترة الحرجة لتطوُّر اللغة في مرحلة الطفولة وتنتهي بين الثماني سنوات وسنّ البلوغ. وبعد أن تنتهي هذه الفترة الحرجة، تكون قدرة الشخص على تعلّم لغة ثانية، بدون لكنة، محدودة. والواقع أنّ اللغات الثانية المُتعلَّمة بعد الفترة الحرجة لا تتمّ معالجتها في نفس الجزء من الدماغ الذي يعالج اللغة الأمّ[9].

كما أنّ فكرة الفترات الحرجة دعمت ملاحظة الاختصاصي بعلم القوانين الحيوية، كونراد لورنز. لاحظ كونراد أنّ صغار الأوزّ، إذا لازمت الإنسان لفترة وجيزة من الزمن بين خمس عشرة ساعة وثلاثة أيام بعد الولادة، ترتبط بذلك الشخص بدلاً من أمها مدى الحياة. ومن أجل إثبات ذلك، جعل كونراد صغار الأوزّ ترتبط به وتتبعه أينما ذهب. وأطلق على هذه العملية اسم "الدمغ". والواقع أنّ النسخة السيكولوجية للفترة الحرجة ترجع إلى فرويد الذي جادل بأننا نجتاز مراحل تطويرية عبارة عن نوافذ وجيزة من الزمن لا بدّ لنا خلالها من أن نمرّ بتجارب معيّنة كي نكون مُعافين. وهو يقول إنّ هذه الفترات تقويمية (ذات أثرٍ فعّال في تكويننا)، وتشكّلنا لبقية حياتنا.

غيّرت لدونة الفترة الحرجة الممارسة الطبّية. فبسبب الاكتشاف الذي قام به هوبل وويسل، لم يعد الأطفال المصابون بإعتام عدسة العين خِلقياً يواجهون العمى. يتمّ إرسالهم الآن للجراحة التصحيحية كأطفال، خلال فترتهم الحرجة، كي تتمكّن أدمغتهم من الحصول على الضوء اللازم لتشكيل اتصالات حاسمة. بيّنت الأقطاب الكهربائية المجهرية أنّ اللدونة هي حقيقة لا تقبل الجدل في مرحلة الطفولة. ويبدو أنها قد بيّنت أيضاً أنّ هذه الفترة من الليونة الدماغية، كما هي مرحلة الطفولة، قصيرة الأمد.

* * *

كانت لمحة ميرزنيتش الأولى للدونة الراشدين عَرَضية. ففي العام 1968، وبعد حصوله على درجة الدكتوراه، تابع ميرزنيتش دراساته ما بعد درجة الدكتوراه مع كلينتون وولساي، وهو باحثٌ في ماديسون في وسكونسن، ونظيرٌ لبنفيلد. طلب وولساي من ميرزنيتش أن يُشرف على جرّاحيَ أعصاب هما الدكتور رون باول والدكتور هربرت غودمان. وقرّر الثلاثة أن يلاحظوا ما يحدث في الدماغ عندما يُقطَع واحدٌ من الأعصاب المحيطية في اليد ومن ثمّ يبدأ في التجدُّد.

من المهمّ أن نفهم أنّ الجهاز العصبي ينقسم إلى جزءين. الجزء الأول هو الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي)، وهو مركز الأمر والسيطرة في الجهاز، وكان يُظنّ أنه يفتقر إلى اللدونة. والجزء الثاني هو الجهاز العصبي المحيطي، الذي يجلب الرسائل من مستقبلات الإحساس إلى الحبل الشوكي والدماغ وينقل الرسائل من الدماغ والحبل الشوكي إلى العضلات والغدد. عُرِف عن الجهاز العصبي المحيطي منذ زمنٍ طويل أنه لدْن: إذا قطعت عصباً في يدك، فبإمكانه أن "يجدِّد" أو يُشفي نفسه.

ينقسم كل عصبون إلى ثلاثة أجزاء. **التغصّنات** هي فروع شجرية الشكل تستقبل المُدخلات من عصبونات أخرى. تقود هذه التغصّنات إلى **جسم الخلية** الذي يمدّ الخلية بأسباب الحياة ويحتوى على حمضها النووي الريبي المنقوص الأكسجين (*DNA*). أما الجزء الثالث فهو **المحوار**، وهو عبارة عن كبل حي ذي أطوال مختلفة (البعض ذو أطوال مجهرية في الدماغ، والبعض الآخر يمتدّ إلى الرجلين ويصلُ طوله حتى 1.80 متر تقريباً). غالباً ما يتمّ تشبيه المحاوير بالأسلاك لأنها تنقل نبضات كهربائية بسرعات عالية جداً (من 3.2 إلى 320 كم/ساعة) نحو تغصّنات العصبونات المجاورة.

يمكن للعصبون أن يستقبل نوعَين من الإشارات: تلك التي تُنبِّهه وتلك التي تثبّطه. إذا استقبل عصبون إشارات **تنبيهية** كافية من عصبونات أخرى، فسيطلق إشارته الخاصة. وعندما يستقبل إشارات **تثبيطية** كافية، يصبح أقلّ احتمالاً لإطلاق إشارته الخاصة. لا تلمس المحاوير تماماً التغصّنات المجاورة. فهي مفصولة عنها بحيِّز مجهري يُعرَف باسم **المشبك**. ما إن تصل إشارةٌ كهربائية إلى نهاية محوار، حتى تستحث إطلاق رسول كيميائي، يُعرَف باسم الناقل العصبي، إلى المشبك. يطوف

الرسول الكيميائي إلى تغضُّن العصبون المجاور، منبِّهاً أو مثبِّطاً إياه. عندما نقول إنّ العصبونات "تجدِّد اتصالاتها الكهربائية"، فنحن نعني تلك التغييرات التي تحدث عند المشبك، مقوِّيةً ومُزيدةً، أو مُضعفةً ومُنقصةً، عدد الاتصالات بين العصبونات.

أراد ميرزنيتش وباول وغودمان أن يستقصوا تفاعلاً معروفاً جداً ولكنه غامض بين الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي. عندما يتمّ قطع عصب محيطي **كبير** (يتألّف من محاوير عديدة)، فإنّ "الأسلاك تتقاطع" أحياناً في عملية التجديد. وعندما تعيد المحاوير ربط نفسها بمحاوير العصب الخطأ، فإنّ الشخص قد يختبر "تمركزاً خاطئاً"، بحيث إنّ لمسةً على السبّابة يُشعَر بها في الإبهام. افترض العلماء أنّ هذا التمركز الخاطئ قد حدث لأنّ عملية التجدُّد "خلطت" الأعصاب بغير نظام، مُرسلةً الإشارة من السبّابة إلى خريطة الدماغ للإبهام.

إنّ النموذج الذي كان لدى العلماء للدماغ والجهاز العصبي هو أنّ كل نقطة على سطح الجسم لديها عصبٌ ينقل إشارات مباشرةً إلى نقطة محدّدة على خريطة الدماغ "المُحكمة الدوائر الكهربائية" تشريحياً عند الولادة. وهكذا فإنّ فرع عصبٍ للإبهام سينقل إشاراته دوماً مباشرةً إلى بقعة محدّدة على خريطة الدماغ الحسّية للإبهام. سلّم ميرزنيتش والمجموعة بنموذج "النقطة–إلى–النقطة" هذا لخريطة الدماغ وشرعوا بحسن نيّة في توثيق ما كان يحدث **في الدماغ** خلال هذا "الخلط" في الأعصاب.

قام ميرزنيتش وزميلاه برسم خريطة مجهرية لليد في أدمغة عدة سعادين مراهقة، حيث قطعوا عصباً محيطياً إلى اليد، وقاموا فوراً بخياطة الطرفين المفصولَين القريبَين من بعضهما بعضاً دون أن يتلامسا تماماً، آملين أنّ العديد من الأسلاك المحوارية في العصب ستتقاطع عندما يجدِّد العصب نفسه. وبعد سبعة أشهر، أعادوا رسم خريطة الدماغ. افترض ميرزنيتش أنهم سيرون خريطة دماغ مشوّشة جداً وفوضوية. وهكذا، إذا كانت الأعصاب للإبهام والسبّابة قد تقاطعت، فقد توقّع ميرزنيتش أنّ لمس السبّابة سيُنتج نشاطاً في منطقة الخريطة للإبهام. ولكنه لم يرَ شيئاً من هذا النوع. كانت الخريطة طبيعية تقريباً.

يقول ميرزنيتش: "ما رأيناه كان مذهلاً تماماً. لم أستطع أن أفهمه". كانت الخريطة منظّمة **طبوغرافياً** كما لو كان الدماغ قد أعاد ترتيب الإشارت من الأعصاب المتقاطعة.

غيّر **أسبوع الاكتشاف الحاسم هذا حياة** ميرزنيتش. أدرك ميرزنيتش أنه، وعلم أعصاب الاتّجاه السائد، قد أساءا جوهرياً فهم الطريقة التي يشكّل بها الدماغ الخرائط لتمثيل الجسم والعالم. إذا كان الدماغ يستطيع أن يسوّي تركيبه استجابةً لمُدخلات غير طبيعية، فإنّ الفكرة السائدة بأننا مولودون بنظام "**مُحكَم الدوائر الكهربائية**" لا بدّ أن تكون خاطئة. توجب أن يكون الدماغ لدناً.

كيف استطاع الدماغ أن يقوم بهذا؟ وبالإضافة إلى ذلك، لاحظ ميرزنيتش أيضاً أنّ الخرائط الطبوغرافية كانت تتشكّل في أماكن مختلفة قليلاً عن ذي قبل. إنّ فكرة التمركزيين بأنّ كل وظيفة عقلية تُعالَج دوماً في المكان نفسه في الدماغ، لا بدّ أن تكون إما خاطئة أو غير كاملة جذرياً. ماذا كان ميرزنيتش سيفعل حيال هذا الأمر؟

عاد ميرزنيتش إلى المكتبة ليبحث عن دليلٍ يناقض فكرة التمركزية. ووجد أنه في العام 1912، أظهر العالمان غراهام براون وشارلز شرينغتون أنّ تنبيه **نقطة واحدة** في القشرة الحركية قد قاد حيواناً إلى ثني رِجله مرّة وإلى تقويمها مرّة أخرى[10]. اقتضت هذه التجربة، الضائعة في المنشورات العلمية، عدم وجود علاقة "نقطة-إلى-نقطة" بين خريطة الدماغ الحركية وحركة معيّنة. وفي العام 1923، قام كارل لاشلي مُستخدماً معدّات أكثر بدائية بكثير من الأقطاب الكهربائية المجهرية، بكشف القشرة الحركية لسعدان، وتنبيهها في مكانٍ معيّن، وملاحظة الحركة الناتجة. وبعد فترة، أعاد التجربة، منبّهاً السعدان في نفس تلك البقعة، فقط ليجد أنّ الحركة الناتجة قد تغيّرت غالباً[11]. وقد عبّر عن ذلك مؤرّخ السيكولوجيا العظيم في هارفارد في ذلك الوقت، إدوين ج. بورنغ: "لن تكون خريطة اليوم صحيحةً في الغد".

كانت الخرائط متميِّزة بتغيُّر مستمر.

رأى ميرزنيتش فوراً النتائج الثورية لهذه التجارب. وناقش تجربة لاشلي مع فيرنون ماونتكاسل، وهو من أنصار فكرة التمركزية، وقد أزعجته تجربة لاشلي فعلياً، كما أخبرني ميرزنيتش: "لم يُرِد ماونتكاسل غريزياً أن يؤمن باللدونة. أراد الأشياء أن تبقى في مكانها إلى الأبد. أدرك ماونتكاسل أنّ هذه التجربة مثّلت تحدِّياً هاماً للطريقة التي نفكّر فيها بشأن الدماغ، واعتقد أنّ لاشلي كان مُبالغاً مُتطرِّفاً".

كـــان علماء الأعصاب مستعدِّين لقبول اكتشاف هوبل وويسل بأنّ اللدونة موجـــودة في مرحلة الطفولة، لأنهم تقبّلوا أنّ دماغ الطفل لا يزال في مرحلة النمو. ولكنهم رفضوا اكتشاف ميرزنيتش بأنّ اللدونة تستمر في مرحلة الرشد.

يُسند ميرزنيتش ظهره إلى الكرسي وعلى وجهه تعبير حزين ويتذكّر: "كانت لدي كل الأسباب التي دفعتني إلى الاعتقاد بأنّ الدماغ ليس لدناً بهذه الطريقة، وقد تلاشت جميعها في أسبوعٍ واحد".

كـــان لا بدّ لميرزنيتش الآن أن يجد ناصحيه بين أشباح العلماء الموتى، مثل شـــرينغتون ولاشلي. كتب ميرزنيتش ورقةً علمية حول تجربة الأعصاب المختلطة بغير نظام، وفي قسم المناقشة جادل مطوّلاً، على مدى عدة صفحات، بأنّ الدماغ الراشد يتّسم باللدونة، رغم أنه لم يستخدم الكلمة.

ولكن لم يتمّ نشر المناقشة أبداً. ووضع مشرفه، كلينتون وولساي، علامة X كـــبيرة عليها قائلاً إنها كانت حدسية جداً وأنّ ميرزنيتش قد تجاوز البيانات كثيراً بتحلـــيله. وعندما نُشرت الورقة، لم يتمّ ذكر اللدونة أبداً[12]، ورُكِّز بشكلٍ ضئيل جـــداً علـــى شرح التنظيم الطبوغرافي الجديد. وتنازل ميرزنيتش عن مطلبه بسبب المعارضـــة، على الأقل كتابةً. فبرغم كل شيء، كان لا يزال يقوم بدراساته ما بعد درجة الدكتوراه في مختبر رجلٍ آخر.

ولكـــنه كـــان غاضـــباً، وكان عقله يزبد، وبدأ يفكّر بأنّ اللدونة قد تكون خاصية أساسية للدماغ مُنِحت للإنسان لإعطائه حافة تنافسية وأنها قد تكون "شيئاً أسطورياً".

أصـــبح ميرزنيتش في العام 1971 بروفيسوراً في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، في قسم طبّ الأذن والحنجرة وعلم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا)، وهـــو القسم الذي كان يُجرَى فيه أبحاثٌ حول أمراض الأذن. وحيث أصبح مدير نفـــسه الآن، فقد بدأ بسلسلة من التجارب أثبتت وجود اللدونة بما لا يدع مجالاً للشك. ولكن لأنّ هذا المجال كان لا يزال مثاراً للجدال، فقد قام بتجاربه الخاصة باللدونـــة علـــى شكل أبحاث أكثر قبولاً. وهكذا قضى ميرزنيتش معظم السنوات الأولى من سبعينيات القرن الماضي وهو يضع خريطة للقشرة السمعية لأنواع مختلفة من الحيوانات، وساعد علماء آخرين على اختراع وإتقان الغُرسة القوقعية.

قـوقعة الأذن هـي الميكروفون داخل آذاننا. وهي تقع بجانب الجهاز الدهليزي الـذي يـتعامل مـع حاسة الوضع (الجسماني)، والذي كان مُتلَفاً في شيريل، مريضة بـاخ - واي - ريتا (انظر الفصل 1). عندما ينتج العالم الخارجي صوتاً، فإنّ تردّدات مخـتلفة تُذبـذب خلايا شعر صغيرة ضمن قوقعة الأذن. هناك ثلاثة آلاف خلية شعر، تقـوم بـتحويل الـصوت إلى أنماط من الإشارات الكهربائية التي تنتقل عبر العصب الـسمعي نحـو القـشرة السمعية. قاد رسم خريطة مجهرية إلى اكتشاف أنّ خريطة تـردّدات الصوت في القشرة السمعية هي "طبوغرافية"، ما يعني أنها منظّمة مثل البيانو: تردّدات الصوت الأدنى في طرف، والتردّدات الأعلى في الطرف الآخر.

ليست الغُرسة القوقعية مُساعداً سمعياً. يُكبِّر المساعد السمعي الصوت لأولئك الـذين يعانون من فقدان جزئي للسمع بسبب قوقعة أذن تعمل جزئياً ويمكنها أن تكتـشف بعض الصوت. أما الغُرسة القوقعية فهي لأولئك الذين هم صمٌّ بسبب قوقعة أذن مُتلَفة للغاية. تحلّ الغُرسة محل القوقعة، محوِّلةً أصوات الكلام إلى دفعات من النبضات الكهربائية، التي تقوم بإرسالها إلى الدماغ. ونظراً لأنه لم يكن بإمكان ميرزنيـتش وزملائـه أن يأملوا بمضاهاة تعقيد عضوٍ طبيعي ذي ثلاثة آلاف خلية شعر، فقد كان السؤال هو: هل يستطيع الدماغ الذي تطوّر ليحلّ شيفرة إشارات معقّـدة آتـية من خلايا شعر عديدة جداً، أن يحلّ شيفرة نبضات آتية من جهاز أبسط بكثير؟ إذا كان بإمكانه ذلك، فسيعني هذا أنّ القشرة السمعية كانت لدنة، وقـادرة على تغيير نفسها والاستجابة إلى مُدخلات اصطناعية. تألّفت الغُرسة من مـستقبِل صـوت، ومحوِّل يترجم الصوت إلى نبضات كهربائية، وقطب كهربائي يُقحَم بواسطة جرّاحين في الأعصاب التي تمتدّ من الأذن إلى الدماغ.

كان بعض العلماء في منتصف ستينيات القرن الماضي مُعادياً لفكرة الغُرسات القوقعـية. قال البعض إنّ المشروع كان مستحيلاً. وجادل آخرون بأنّ الغُرسات سـتعرِّض المرضـى الصمّ لمزيدٍ من التلف. ورغم المخاطر، تطوّع المرضى لاختبار الغرسات القوقعية. في البداية، سمع البعض ضجيجاً فقط، وسمع البعض الآخر بضع نغمات، وهسيساً، وأصواتاً تبدأ وتتوقّف.

تمـثّلت مـساهمة ميرزنيـتش في استخدام ما تعلّمه من رسم خريطة القشرة السمعية ليحدِّد نوع المُدخلات التي احتاج إليها المرضى من الغُرسة ليكونوا قادرين

على حلّ شيفرة الكلام، وليحدِّدوا المكان الذي يجب غرس القطب الكهربائي فيه[13]. عمل ميرزنيتش مع مهندسي اتصالات لتصميم جهاز يمكن أن ينقل كلاماً معقّداً على عدد صغير من قنوات عرض النطاق الترددّي وأن يبقى مع ذلك مفهوماً. وطوّروا غُرسةً متعدّدة القنوات ودقيقة للغاية أتاحت للصمّ أن يسمعوا، وأصبح التصميمُ الأساسَ لواحدٍ من جهازَي الغرسة القوقعية الأساسيَين المتوفِّرَين اليوم.

أكثر ما أراده ميرزنيتش، بالطبع، هو أن يستقصي اللدونة مباشرةً. وقرّر أخيراً أن يقوم بتجربة جذرية بسيطة سيقطع فيها كل المُدخلات الحسّية إلى خريطة الدماغ ويرى كيف استجابت. وذهب إلى صديقه وزميله عالِم الأعصاب، جون كاس في جامعة فاندربلت في ناشفيل، الذي كان يعمل على سعادين بالغة. تشتمل يد السعدان، مثل يد الإنسان، على ثلاثة أعصاب رئيسية: الكعبري، والناصف (الوسطي)، والزندي. ينقل العصب **الناصف** (المتوسط) الإحساس بشكلٍ رئيسي من **منتصف** اليد، بينما ينقل العصبان الآخران الإحساس من كل من جانبي اليد. قطع ميرزنيتش العصب الناصف في واحدٍ من السعادين ليرى كيف ستستجيب خريطة الدماغ لعصب الناصف عندما لا تصلها **أية** مُدخلات. وعاد إلى سان فرانسيسكو وانتظر.

عاد ميرزنيتش بعد شهرين إلى ناشفيل. وحين قام برسم خريطة الدماغ للسعدان رأى، كما توقّع، أنه عندما كان يلمس الجزء الأوسط من اليد، فإنّ الجزء من خريطة الدماغ الذي يخدم العصب الناصف لم يُظهر نشاطاً. ولكن كان هناك شيء آخر أذهله.

فعندما مسّد بلطف **جانبي** يد السعدان - وهما المنطقتان اللتان ترسلان إشاراتهما عبر العصبَين الكعبريّ والزندي - كانت خريطة الدماغ للعصب الناصف (المتوسط) تتّقد! لقد تضاعف تقريباً حجم خريطتَي الدماغ للعصبَين الكعبري الزندي **وغزتا** ما كانت في ما مضى خريطة العصب الناصف. وقد كانت هاتان الخريطتان الجديدتان طبوغرافيتَين. وفي هذه المرة، وصف ميرزنيتش وكاس هذه النتائج التي قاما بكتابتها بأنها "مذهلة" واستخدما كلمة "اللدونة" لشرح التغيير، رغم أنهما وضعاها بين علامتَي اقتباس[14].

أوضحت التجربة أنه إذا تمّ قطع العصب الناصف، فإنّ العصبَين الآخرَين اللذين لا يزالان يطفحان بمُدخلات كهربائية، سيتملّكان حيّز الخريطة غير المُستخدَم لمعالجة مُدخلاتهما. حين تعلّق الأمر بتوزيع قوة المعالجة للدماغ، كانت خرائط الدماغ محكومة بمنافسة على الموارد الثمينة ومبدأ **استعمله أو اخسره.**

إنّ الطبيعة التنافسية للّدونة تؤثّر فينا جميعاً. هناك حرب أعصاب لا نهاية لها تجري داخل دماغ كل واحد منا. إذا توقّفنا عن تدريب مهاراتنا العقلية، فنحن لا ننساها فقط: حيّز خريطة الدّماغ لتلك المهارات سيتمّ تملّكه بواسطة المهارات التي نمارسها بدلاً منها. إذا سألت نفسك أبداً: "كم يجب أن أتمرّن على الفرنسية، أو الغيتار، أو الرياضيات لأبقى بارعاً فيها؟"، فأنت تسأل سؤالاً بشأن اللدونة التنافسية. أنت تسأل كم يجب أن تمارس نشاطاً معيّناً لتتأكّد أنّ حيّز خريطته الدماغية لم يُفقَد لنشاط آخر.

حتى إنّ اللدونةً التنافسية في الراشدين تفسِّر أيضاً بعضاً من مواطن الضعف لدينا. فكِّر في الصعوبة التي يواجهها معظم الراشدين لدى تعلُّمهم للغة ثانية. الفكرة التقليدية الآن هي أنّ الصعوبة تنشأ بسبب انتهاء الفترة الحرجة لتعلُّم اللغة، بحيث إنّ أدمغتنا تصبح **صلبة** جداً لتغيِّر تركيبها على نطاق واسع. ولكنّ اكتشاف اللدونة التنافسية يقترح أنّ الأمر يتعلّق بأكثر من ذلك. عندما نتقدّم في السنّ، فإنّ استخدامنا المتزايد للغتنا الأمّ، يجعلها تهيمن أكثر على حيّز خريطتنا اللغوية. وهكذا، فإنّ صعوبة تعلُّم لغة جديدة وإنهاء طغيان اللغة الأمّ، هو أيضاً بسبب **لدونة** أدمغتنا، وبسبب تنافسية هذه اللدونة.

ولكن إذا كان هذا صحيحاً، لماذا يكون تعلُّم لغة ثانية أسهل عندما نكون صغاراً؟ ألا يكون التنافس موجوداً في الصغر أيضاً؟ في الواقع لا. عندما يتمّ تعلُّم لغتين في الوقت نفسه في الفترة الحرجة، فإنّ الاثنين يحصلان على موطئ قدم. يقول ميرزنيتش إنّ مسح الدماغ لطفلٍ ثنائي اللغة يُظهر أنّ جميع الأصوات للغتيه تتشارك في خريطة كبيرة واحدة... مكتبةٌ أصوات من كلتا اللغتين.

تفسِّر اللدونة التنافسية أيضاً لماذا نجد صعوبة كبيرة في الإقلاع عن عادتنا السيّئة أو "نسيانها". يفكِّر معظمنا في الدماغ كوعاء، وفي التعلُّم كوضع شيءٍ فيه. عندما نحاول أن نقلع عن عادةٍ سيّئة، نحن نظنّ أنّ الحلّ هو أن نضع شيئاً جديداً في

الــوعاء. ولكن عندما نتعلّم عادةً سيئة، فهي تسيطر على خريطة دماغ، وفي كل مــرة نكرّرها، تُحكم سيطرتها أكثر على تلك الخريطة وتمنع استعمال ذلك الحيِّز للعــادات "الجــيدة". ولهــذا السبب نجد أنّ "النسيان" هو غالباً أصعب بكثير من الــتعلُّم، وأنّ التعليم في مرحلة الطفولة مهمٌّ جداً؛ من الأفضل تعلّم الأشياء بشكلٍ صحيح باكراً في حياتنا، قبل أن تحصل "العادة السيئة" على ميّزة تنافسية.

أدّت تجــربة ميرزنيتش التالية، البارعة البساطة، إلى جعل اللدونة مشهورةً بين علماء الأعصاب واستطاعت أخيراً أن تفعل المزيد لتنتصر على المتشكّكين أكثر مما فعلته أية تجربة لدونة أخرى قبلها أو بعدها.

قــام ميرزنيتش برسم خريطة دماغ مفصّلة ليد السعدان. ثمّ قام ببتر الإصبع الأوســط للسعدان(15). وبعد عدّة أشهر أعاد رسم خريطة الدماغ للسعدان ووجد أنّ خــريطة الدماغ للإصبع المبتور قد اختفت وأنّ خرائط الأصابع المجاورة قد نمت في الحيّــز الــذي مثّل أساساً خريطة الإصبع الأوسط. وضّح هذا بصورة جليّة أنّ خــرائط الــدماغ ديناميكية (متّسمة بتغيّر مستمر)، وأنّ هناك منافسة على العقار القشري، وأنّ موارد الدماغ تُوزَّع وفقاً لمبدأ استعمله أو اخسره.

لاحظ ميرزنيتش أيضاً أنّ حيوانات من أنواع أحيائية معيّنة قد تمتلك خرائط مماثلــة، ولكــنها لا تكــون **أبداً** متطابقة. أتاح له رسم الخرائط المجهرية أن يرى الاخــتلافات الــتي لم يستطع بنفيلد، بأقطابه الكهربائية الكبيرة، أن يراها. ووجد أيــضاً أنّ خرائط أجزاء الجسم الطبيعية تتغيّر كل بضعة أسابيع. ففي كل مرة كان يرســم خــريطة لوجه سعدان طبيعي، كان يجدها مختلفة كلياً. لا تتطلّب اللدونة اســتحثاثاً بقطــع الأعصاب أو بتر الأعضاء. اللدونة هي ظاهرة طبيعية، وخرائط الدماغ تتغيّر باستمرار. وعندما كتب هذه التجربة الجديدة، أزال ميرزنيتش كلمة "اللدونة" من بين علامتَي الاقتباس. ولكن على الرغم من تألّق تجربته، فإنّ المعارضة لأفكار ميرزنيتش لم تتلاشَ بين ليلة وضحاها.

يــضحك ميرزنيــتش وهو يقول: "دعني أخبرك بما حدث عندما بدأت أصرِّح بلدونــة الدماغ. لقد تلقّيتُ معاملةً عدائية. لا أعرف طريقة أخرى أعبّر بها عمّا لقيته. أخــذ الناس يقولون أشياء في مقالاتهم النقدية مثل 'سيكون هذا مثيراً للاهتمام بالفعل إذا كان يحتمل الصحّة، ولكنه لا يمكن أن يكون صحيحاً'. وكأني قد اختلقته".

لأنّ ميرزنيتش كان يجادل بأنّ خرائط الدماغ يمكن أن تغيّر حدودها وموقعها ووظائفهـــا في مرحلة الرشد، فقد عارضه التمركزيون. يقول: "لقد ظنّ جميع من عـــرفتهم تقريباً في حقل علم الأعصاب السائد أنّ ما توصّلت إليه كان شيئاً **شبه جـــدِّي**، زاعمـــين أنّ التجارب كانت غير متقنة، والنتائج الموصوفة غير مؤكّدة. ولكنّ الحقيقة هي أنّ التجربة قد أُجريت عدداً كافياً من المرات بحيث إني أدركت أنّ موقف الغالبية العظمى كان متغطرساً ومتعذّراً تبريره".

كـــان تورستن ويسل واحداً من العلماء البارزين الذين عبّروا عن شكوكهم. فـــرغم حقيقة أنّ ويسل قد أظهر وجود اللدونة في الفترة الحرجة، إلا أنه عارض فكـــرة وجودها في الراشدين، وكتب بأنه هو وهوبل "اعتقدا بشدة أنه بمجرد أن تترسّـــخ الاتـــصالات القـــشرية بشكلها التامّ النموّ، فهي تبقى في مكانها بصورة دائمـــة". لقـــد حاز ويسل بالفعل على جائزة نوبل لتعيينه مكان حدوث المعالجة البـــصرية، وهـــو اكتشافٌ يُعتبَر واحداً من انتصارات التمركزيين العظيمة. يسلّم ويـــسل الآن بفكـــرة اللدونة في الراشدين وقد اعترف كتابةً عن طيب خاطر بأنه كـــان لفتـــرة طـــويلة مخطئاً وأنّ تجارب ميرزنيتش الرائدة قد قادته في النهاية هو وزمـــلاؤه إلى تغـــيير رأيهـــم[16]. وحيث غيّر رجلٌ بمكانة ويسل رأيه، فقد اهتمّ التمركزيون وبدأوا بقبول فكرة اللدونة في الراشدين.

يقـــول ميرزنيـــتش: "أكثر ما كان مُحبطاً في الأمر هو أني رأيت أنّ اللدونة العـــصبية تـــنطوي علـــى جميع أنواع النتائج الممكنة لعلم المداواة، ولتفسير علم الأمراض العصبية والطبّ النفسي، ولكنّ أحداً لم يُبدِ أي نوعٍ من الاهتمام"[17].

بمـــا أنّ التغيُّر اللدْن هو عملية، فقد أدرك ميرزنيتش أنه سيكون قادراً فعلياً علـــى فهمـــه إذا اســـتطاع أن يـــراه يتكشّف تدريجياً في الدماغ مع الوقت. قام ميرزنيتش بقطع العصب الناصف لسعدان ومن ثم قام برسم خريطة لدماغ السعدان عدة مرات على مدى عدّة أشهر[18].

أظهـــر رســـم الخريطة الأوّل، المُنجَز مباشرةً بعد قطع العصب، أنّ خريطة الدماغ للعصب الناصف كانت ساكنة تماماً عند ملامسة منتصف اليد. ولكن عند ملامسة جزء اليد المخدوم بواسطة العصبَين الخارجيَين، فإنّ جزء الخريطة الساكن الخاص بالعصب الناصف اتّقد على الفور. ظهرت الآن خريطتا العصبَين الجانبيَين،

الكعبري والزندي، في حيّز خريطة العصب الناصف. وقد برزت هاتان الخريطتان بسرعة كبيرة جداً كما لو كانتا مُخَبَّأتَين هناك طوال الوقت منذ مراحل النموّ الأولى، وتمّ "كشفهما" الآن[19].

وفي اليوم الثاني والعشرين، قام ميرزنيتش برسم خريطة لدماغ السعدان مرةً أخرى. وتبيّن أنّ خريطتَي العصب الكعبري والعصب الزندي، اللتين كانتا مفتقرتَين إلى التفاصيل عندما ظهرتا لأول مرة، قد أصبحتا أكثر صقلاً وتفصيلاً وامتدّتا لتحتلا تقريباً كل خريطة العصب الناصف[20] (تفتقر الخريطة البدائية إلى التفاصيل، بينما تملك الخريطة المصقولة الكثير من التفاصيل وتنقل، بالتالي، المزيد من المعلومات).

وفي اليوم الرابع والأربعين بعد المئة، كانت الخريطة بأكملها في كل جزءٍ منها مفصّلة بقدر خريطة طبيعية.

وبرسم خرائط متعدّدة للدماغ مع الوقت، لاحظ ميرزنيتش أنّ الخرائط الجديدة كانت تغيّر حدودها، وتصبح أكثر تفصيلاً، وحتى تتحرّك حول الدماغ. وفي إحدى الحالات، رأى خريطةً تختفي كلياً مثل أطلنتس.

بدا معقولاً أن يفترض أنه مع تشكّل خرائط جديدة كلياً في الدماغ، لا بدّ أن تتشكّل اتصالات جديدة بين العصبونات. ومن أجل فهم هذه العملية، استشهد ميرزنيتش بأفكار دونالد و. هيب، وهو عالِمٌ سيكولوجي سلوكي كندي كان قد عمل مع بنفيلد. اقترح هيب في العام 1949 أنّ التعلُّم يربط العصبونات بطرقٍ جديدة. واقترح أنه عندما يتّقد عصبونان (يُطلقان إشارات كهربائية) في الوقت نفسه بشكلٍ متكرّر (أو عندما يتّقد أحدهما، مسبّباً اتّقاد الآخر)، فإنّ تغيّرات كيميائية تحدث في كليهما، بحيث يميل الاثنان للاتصال بقوة أكبر[21]. وقد لُخِّص مفهوم هيب - المُقترَح فعلياً بواسطة فروِيد قبل ستين سنة [22] - بعناية بواسطة عالمة الأعصاب كارلا شاتز: **العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً.**

وهكذا جادلت نظرية هيب بأنّ البنية العصبونية يمكن تغييرها من خلال التجربة. وبعد نظرية هيب، كانت نظرية ميرزنيتش الجديدة التي اقترحت أنّ العصبونات في خرائط الدماغ تطوِّر اتصالات قوية بعضها مع بعض عندما يتمّ تنشيطها في نفس اللحظة الزمنية[23]. وفكّر ميرزنيتش أنه إذا كان بإمكان الخرائط

أن تتغيّر، فهناك سببٌ يجعله يأمل بأنّ الناس المولودين بمشاكل في مناطق معالجة خرائط الدماغ - أولئك الذين يعانون من عجزٍ تعلّمي، أو مشاكل سيكولوجية، أو سكتات دماغية، أو إصابات دماغية - قد يكوّنون قادرين على تشكيل خرائط جديدة إذا كان بإمكانه أن يساعدهم على تشكيل اتصالات عصبونية جديدة، بجعل عصبوناهم السليمة تتّقد معاً وتتّصل معاً.

مبتدئاً في أواخر ثمانينيات القرن الماضي، صمّم ميرزنيتش أو شارك في تصميم دراسات رائعة لاختبار ما إذا كانت خرائط الدماغ وقتية الأساس، وما إذا كان من الممكن التلاعب بحدودها ووظائفها من خلال "التلاعب" بتوقيت المُدخلات إليها.

في واحدة من تجاربه الرائعة، قام ميرزنيتش برسم خريطة الدماغ ليد سعدان طبيعي، ومن ثمّ خاط اثنين من أصابع السعدان معاً بحيث تحرّك الإصبعان كإصبعٍ واحد[24]. وبعد عدة أشهر من السماح للسعدان باستخدام إصبعيه المُخيَّطَين معاً، أُعيد رسم خريطة الدماغ ليده مرةً أخرى. وتبيّن أنّ خريطتَي الدماغ للإصبعين المنفصلين أساساً قد اندمجتا الآن في خريطة واحدة. كانت هذه الخريطة الجديدة المفردة تتّقد إذا لمس المختبِرون أية نقطة علًى أيّ من الإصبعين. ونظراً لأنّ جميع الحركات والإحساسات في هذين الإصبعين كانت تحدث دائماً في الوقت نفسه، فقد شكّل الإصبعان الخريطة نفسها. أظهرت التجربة أنّ توقيت المُدخلات إلى العصبونات في الخريطة كان أساسياً لتشكيلها - العصبونات التي اتّقدت معاً **في الوقت المحدَّد،** اتّصلت معاً لتشكيل خريطة واحدة.

اختبر علماء آخرون نتائج تجربة ميرزنيتش على البشر. يُولَد بعض الناس بأصابع ملتحمة، وهي حالةٌ تُعرف باسم التصاق الأصابع أو "متلازمة الأصابع الوتراء (أو المكفّفة)". عندما تمّ رسم خريطة الدماغ لأصابع اثنين من هؤلاء الناس، وجد مسح الدماغ امتلاك كليهما لخريطة واحدة كبيرة لإصبعيه الملتحمَين بدلاً من خريطتين منفصلتين[25].

وبعد أن فصل الجرّاحون الأصابع الوتراء، أُعيد رسم خريطة الدماغ للخاضعَين للتجربة، وتبيّن نشوء خريطتين منفصلتين للإصبعين المفصولين لكلا المريضين. ونظراً لتمكّن الإصبعين من التحرّك باستقلالية، لم تعد العصبونات تتّقد

في الوقت نفسه، لتوضّح بذلك مبدأً آخر للّدونة العصبية: إذا فصلتَ الإشارات إلى العصبونات في الوقت المحدَّد، فأنت تنشئ خرائط دماغ منفصلة. يتمّ الآن تلخيص هــذه النتيجة في علم الأعصاب كالتالي: **العصبونات التي تتّقد على حدة تتّصل على حدة – أو العصبونات غير المتزامنة تعجز عن الاتصال.**

وفي التجــربة التالــية من سلسلة تجاربه، أنشأ ميرزنيتش خريطةً لما يمكن أن يُــسمّى إصــبعاً غــير موجود امتدّ عمودياً على الأصابع الأخرى[26]. نبّه الفريق أطــراف كــلّ الأصابع الخمسة للسعدان في الوقت نفسه، لخمسمائة مرة في اليوم على مدى أكثر من شهر، ومنعوا السعدان من استخدام أصابعه واحداً تلو الآخر. وســرعان مــا اشتملت خريطة الدماغ للسعدان على خريطة إصبع جديدة ممتدة، دُمجــت فيها أطراف الأصابع الخمسة. امتدّت هذه الخريطة عمودياً على الأصابع الأخــرى، وكانــت كل أطراف الأصابع جزءاً منها بدلاً من أن تكون جزءاً من خرائط الأصابع الفردية، التي كانت قد بدأت تتلاشى نتيجةً لعدم الاستعمال.

وفي الإيــضاح العملــي الأخير والأروع، أثبت ميرزنيتش وفريقه أنّ الخرائط لا يمكــن أن تكون تشريحية الأساس[27]. قاموا بأخذ رقعة جلد صغيرة من أحد الأصابع، ثمّ – وهذه هي النقطة الأساسية – مُبقين العصب لخريطتها في الدماغ موصولاً، قاموا بتطعــيم الجلد على إصبع مجاور. والآن، كانت رقعة الجلد تلك وعصبها يُنبَّهان متى ما حُــرِّك الإصبع، الذي كانت الرقعة موصولة به، أو لُمس في سياق الاستعمال اليومي. وفقاً لنموذج الدوائر الكهربائية المُحكَمة التشريحي، فإنّ الإشارات في رقعة الجلد يجب أن تنــتقل من الجلد على طول عصبه إلى خريطة الدماغ للإصبع الذي تمّ اقتطاع الجلد منه أساساً. ولكن عندما نبّه الفريق رقعة الجلد، وجدوا أنّ خريطة إصبعها **الجديد** هي الــتي اســتجابت بــدلاً من خريطة إصبعها الأصلي. هاجرت خريطة رقعة الجلد من خــريطة الــدماغ لإصــبعها الأصلي إلى خريطة إصبعها الجديد، لأنّ الرقعة والإصبع الجديد تمّ تنبيههما معاً في الوقت نفسه.

اكتــشف ميرزنيتش في غضون بضع سنوات أنّ أدمغة الراشدين لدنة، وأقنع الــشكوكيين في المجــتمع العلمــي بصحّة هذا الاكتشاف، وبيّن أنّ التجربة تغيِّر الدماغ. ولكنه لم يكن قد فسَّر بعدْ لغزاً حاسماً: كيف تنظّم الخرائط نفسها لتصبح طبوغرافية وتعمل بطريقة مفيدة لنا.

عـــندما نقـــول إنّ خريطة الدماغ منظّمة طبوغرافياً، فنحن نعني أنّ الخريطة مـــرتبة بمـــثل تـــرتيب الجسم. على سبيل المثال، يقع إصبعنا الأوسط بين السبّابة والبنـــصر. والأمـــر نفسه صحيح في خريطة دماغنا: تقع خريطة الدماغ للإصبع الأوسط بين خريطة سبابتنا وخريطة بنصرنا. التنظيم الطبوغرافي فعّال لأنه يعني أنّ أجزاء الدماغ التي تعمل غالباً معاً تكون قريبة بعضها من بعض في خريطة الدماغ، وبالتالي لا تضطّر الإشارات إلى التنقُّل بعيداً في الدماغ نفسه.

كـــان الـــسؤال بالنسبة لميرزنيتش هو: كيف ينشأ هذا الترتيب الطبوغرافي في خـــريطة الـــدماغ؟[28] كانـــت الإجابة التي توصّل إليها هو ومجموعته مبدعة. ينشأ التـــرتيب الطبوغـــرافي لأنّ العديد من نشاطاتنا اليومية يشتمل على تتابعات متكرّرة بترتيب ثابت[29]. عندما نلتقط شيئاً بحجم تفاحة أو كرة قاعدة، فنحن عادةً نمسكه بإبهامـــنا وســـبابتنا أولاً، ثمّ نلفّ بقية أصابعنا حوله واحداً تلو الآخر. وبما أنّ الإبهام والـــسبّابة غالـــباً مـــا يلمسان الشيء في الوقت نفسه تقريباً، مُرسِلَين إشاراتهما إلى الدماغ في وقت واحد، فمن شأن خريطة الإبهام وخريطة السبّابة أن تتشكّلا قريبتَين إحـــداهما مـــنَ الأخـــرى في الدماغ (العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً). وعندما نستمرّ في لفّ يدنا حول الشيء، فإنّ إصبعنا الأوسط سيلمسه تالياً، وهكذا ستكون خريطة الدماغ ميّالة إلى أن تكون بجانب السبّابة وبعيدةً عن الإبهام. وعندما يتمّ تكرار تـــتابع المسك الشائع هذا – الإبهام أولاً، السبّابة ثانياً، الإصبع الوُسطى ثالثاً – آلاف المـــرات، فهو يقود إلى خريطة دماغ تكون فيها خريطة الإبهام مجاورةً لخريطة السبّابة المجـــاورة بدورها لخريطة الإصبع الوسطى، وهكذا. إنّ الإشارات التي تميل إلى أن تصل في أوقـــات منفصلة، مثل تلك الصادرة عن الإبهام والخنصر، لديها خرائط دماغ أكثر تباعُداً بعضها عن بعض، لأنّ العصبونات التي تتّقد على حدة تتّصل على حدة.

إنّ العديـــد من خرائط الدماغ، إن لم يكن كلها، تعمل بضمّ الأحداث التي تحـــدث معـــاً مكانياً. فكما رأينا، تُنظّم الخريطة السمعية مثل بيانو، حيث خرائط النغمات المنخفضة في طرف، وخرائط النغمات المرتفعة في الطرف الآخر. لماذا هي مرتبة بهذه الطريقة؟ لأنّ التردّدات المنخفضة للأصوات تميل إلى أن تجتمع بعضها مع بعـــض. عـــندما نـــسمع شخصاً ذا صوتٍ منخفض، فإنّ معظم التردّدات تكون منخفضة، ولهذا هي تُضَمّ معاً.

بشّر وصول بيل جنكينز إلى مختبر ميرزنيتش بمرحلة جديدة من البحث ستساعد ميرزنيتش على تطوير تطبيقات عملية لاكتشافاته. كان جنكينز، وهو عالِم سيكولوجي سلوكي، مهتماً بصورة خاصة في فهم الكيفية التي نتعلّم بها. اقترح جنكينز على ميرزنيتش أن يقوما بتعليم الحيوانات مهارات جديدة، لملاحظة كيف يؤثّر التعليم في عصبوناتها وخرائطها.

قام ميرزنيتش وجنكينز في واحدة من التجارب الأساسية برسم خريطة القشرة الحسّية لسعدان. ثمّ قاما بتدريبه على لمس قرص دوّار بطرف إصبعه، بالمقدار المناسب تماماً من الضغط لعشر ثوان للحصول على صندوق من الموز كمكافأة. وقد تطلّب هذا من السعدان أن ينتبه بدقّة، متعلّماً أن يلمس القرص بمنتهى الرفق وأن يقدِّر الوقت بدقة. وبعد آلاف المحاولات، قام ميرزنيتش وجنكينز بإعادة رسم خريطة الدماغ للسعدان ورأيا أنّ المنطقة التي تُظهر خريطة طرف الإصبع للسعدان قد اتّسعت عندما تعلّم السعدان كيف يلمس القرص بالمقدار المناسب من الضغط[30]. بيّنت التجربة أنه عندما يتمّ تحفيز حيوان ليتعلّم، فإنّ دماغه يستجيب بلدونة.

أثبتت التجربة أيضاً أنه عندما تكبر خرائط الدماغ، فإنّ العصبونات الفردية تصبح فعّالةً أكثر على مرحلتين. أولاً، عندما تدرَّب السعدان، نمت خريطة طرف الإصبع لتحتلّ حيّزاً أكبر. ولكن بعد فترة قصيرة، أصبحت العصبونات الفردية ضمن الخريطة أكثر فاعلية، وفي النهاية انخفضت الحاجة إلى عصبونات أقلّ لأداء المهمة.

عندما يتعلّم طفلٌ أن يعزف السلّم الموسيقي البياني للمرة الأولى، تراه يميل إلى استخدام كامل الجزء الأعلى من جسده - الرسغ، الذراع، الكتف - ليعزف كل نغمة. وحتى وجهه يُظهر تكشيرة نتيجةً للشدّ في عضلات الوجه. ومع التدريب، يتوقّف عازف البيانو الناشئ عن استخدام العضلات غير المناسبة وسرعان ما يستخدم الإصبع الصحيح فقط لعزف النغمة. هو يطوّر "لمسة أخفّ"، وإذا أصبح ماهراً، يطوّر "رشاقةً" ويسترخي عندما يعزف. وهذا لأنّ الطفل ينتقل من استخدام عدد هائل من العصبونات إلى استخدام بضعة منها، تكون متلائمة جيداً مع المهمة. إنّ هذا الاستخدام الأكثر فعاليةً للعصبونات يحدث في كل مرة نصبح فيها بارعين في مهارة معينة، وهو يفسّر السبب وراء عدم نفاد حيّز الخريطة لدينا بسرعة عندما نمارس أو نضيف مهارات جديدة لذخيرتنا.

بيّن ميرزنيتش وجنكينز أيضاً أنّ العصبونات الفردية تصبح أكثر إنتقائيةً مع التدريب. فكل عصبون في خريطة الدماغ لحاسة اللمس لديه "حقل تقبُّلي (أو حسّي)"، عبارة عن جزء على سطح الجلد "ينقل المعلومات" إليه (إلى العصبون). عندما دُرِّب السعادين على لمس القرص، أصبحت الحقول التقبّلية للعصبونات الفردية أصغر حجماً، مُطلقةً إشاراتها (متّقدة) فقط عندما تلمس القرص أجزاءٌ صغيرة من طرف الإصبع. وهكذا، رغم حقيقة أنّ حجم خريطة الدماغ قد زاد، إلا أنّ كل عصبون في الخريطة أصبح مسؤولاً عن جزء أصغر من سطح الجلد، متيحاً للحيوان تمييزاً أدق للّمسة. وبالإجمال، أصبحت الخريطة أكثر دقّة.

وجد ميرزنيتش وجنكينز أيضاً أنّ العصبونات عندما تُدرَّب وتصبح فعّالة أكثر، فإنّ سرعتها في المعالجة **تزداد**. وهذا يعني أنّ السرعة التي نفكّر فيها هي لدنة أيضاً. إنّ سرعة التفكير أساسية لبقائنا. تحصل الأحداث غالباً بسرعة، وإذا كان الدماغ بطيئاً، فمن الممكن أن يُغفِل معلومات مهمة. في واحدة من التجارب، درّب ميرزنيتش وجنكينز السعادين بنجاح على تمييز الأصوات خلال فترات زمنية أقصر فأقصر. وقد اتّقدت العصبونات المدرّبة بسرعة أكبر استجابةً للأصوات[31]، وعالجتها في وقت أقصر، واحتاجت إلى وقت "راحة" أقلّ بين اتّقاد وآخر. تؤدّي العصبونات الأسرع في النهاية إلى تفكير أسرع – ليس بمسألة ثانوية – لأنّ سرعة التفكير هي عنصر ذكاء حاسم. لا تقيس اختبارات حاصل الذكاء *IQ*، مثل الحياة، ما إذا كان بإمكانك إحراز الإجابة الصحيحة فحسب، بل أيضاً الوقت الذي استغرقته لإحرازها.

اكتشف ميرزنيتش وجنكينز أيضاً أنهما عندما قاما بتدريب حيوان على مهارة معينة، فإنّ عصبوناته لم تتّقد أسرع فحسب، ولكن، بسبب سرعة العصبونات، كانت إشاراتها أوضح. كانت العصبونات الأسرع أكثر احتمالاً لأنّ تتّقد متزامنةً بعضها مع بعض – لتصبح لاعبة فريق أفضل – وأن تتّصل معاً أكثر، وتشكّل مجموعات من العصبونات تُطلق إشارات أوضح وأقوى. وهذه نقطة حاسمة، لأنّ الإشارة القوية لها تأثيرٌ أكبر على الدماغ. عندما نريد أن نتذكّر شيئاً سمعناه، فلا بدّ أن نسمعه بوضوح، لأنّ الذاكرة يمكن أن تكون واضحةً فقط بقدر وضوح إشارتها الأصلية.

وأخـــيراً، اكتـــشف ميرزنيتش أنّ الانتباه الدقيق أساسي للتغيُّر اللدْن الطويل الأمـــد[32]. وجـــد ميرزنيتش في تجارب عديدة أنّ التغيّرات الدائمة حدثت **فقط** عـــندما كانت سعادينه تنتبه بدقّة. أما حين كانت الحيوانات تُنجز المهام آلياً دون انتباه، فقد غيّرت خرائط دماغها بالفعل، ولكنّ التغيُّرات لم تستمرّ. نحن نُثني غالباً علـــى "القدرة للقيام بمهام متعدّدة". ولكن، في حين أنك تستطيع أن تتعلّم عندما توزِّع انتباهك، إلا أنّ الانتباه الموزَّعٍ لا يقود إلى تغيير ثابت في خرائط دماغك.

عـــندما كان ميرزنيتش صبياً، اختيرت ابنة عمّ والدته، وهي معلّمة مدرسة ابتدائـــية في وسكونـــسن، لـــتكون معلّمة السنة في الولايات المتّحدة كلها. وبعد الاحتفال في البيت الأبيض، قامت بزيارة عائلة ميرزنيتش في أوريغون.

يتذكّـــر ميرزنيتش: "سألتها والدتي السؤال التافه الذي يُطرَح عادة في محادثة: 'مـــا هي أساسياتك الأهمّ في التعليم؟' وأجابت ابنة عمّها: 'حسناً، أنت تختبرينها عـــندما تدخلين إلى المدرسة، وتكتشفين ما إذا كانت تستحق الجهد. وإذا كانت تستحق الجهد، توجّهين اهتمامك إليها بالفعل، ولا تضيّعين وقتك على غيرها التي لا تستحق جهدك". هذا ما قالته. وبطريقة أو بأخرى، أنت تجده ظاهراً في الطريقة التي عامل بها الناس للأبد الأطفال الذين هم مختلفون. من المُحبط فعلاً أن تتخيّل أنّ مواردك العصبية ثابتة ومستديمة ولا يمكن تحسينها أو تغييرها بصورة عامة".

أصبح ميرزنيتش الآن مدركاً لعمل باولا طلال في جامعة روتغرز، التي كانت قد بدأت في تحليل السبب وراء إيجاد الأطفال صعوبةً في تعلُّم القراءة. يعاني من 5 إلى 10 بالمـــئة من طلاب ما قبل المدرسة من عجزٍ لغوي يجعلهم يواجهون صعوبةً في القـــراءة، أو الكتابة، أو حتى اتّباع التعليمات. ويوصف هؤلاء الأطفال أحياناً بأنهم مختلّو القراءة أو الكتابة.

يبدأ الأطفال في التكّلم بتكرار ائتلاف من حرف علّة وحرف ساكن مثل "دا دا" و"بـــا بـــا". وتتألّف كلماتهم الأولى في العديد من اللغاتً من ائتلافات كـــتلك. في اللغة الإنكليزية والعربية والعديد من اللغات الأخرى، تكون كلماتهم الأولى غالـــباً هـــي "ماما" و"بابا" و"بـــي بـــي"، وهكذا. أظهر بحث طلال أنّ الأطفـــال الذين يعانون من عجزٍ لغوي تكون لديهم مشاكل معالجة سمعية خاصة بائتلافات حروف العلّة والحروفً الساكنة الشائعة التي تُنطَق بسرعة ويُطلَق عليها

اســـم "أجزاء الكلام السريعة". يجد الأطفال صعوبةً في سماعها بدقّة، وبالتالي، في نطقها بدقّة.

اعـــتقد ميرزنيتش أنّ عصبونات القشرة السمعية لهؤلاء الأطفال كانت تتّقد بـــبطء جداً، ولهذا لم يستطيعوا أن يميّزوا بين صوتين متشابهين جداً، أو أن يحدّدوا، إذا تقارب صوتان معاً، أيهما جاء أولاً وأيهما جاء ثانياً. وكانوا لا يسمعون غالباً بـــدايات المقاطـــع اللفظـــية أو تغيّـــرات الصوت ضمن المقاطع. عادةً ما تكون العـــصبونات، بعد معالجتها لصوت، مستعدةً للاتّقاد مرة أخرى بعد فترة راحة لا تـــتجاوز 30 ملّيثانـــية (جزء من ألف من الثانية) تقريباً. استغرق ثمانون بالمئة من الأطفال المعانين من عجزٍ لغوي ثلاثة أضعاف هذا الوقت تقريباً، بحيث إنهم فقدوا قدراً كبيراً من المعلوماتً اللغوية. وعندما تمّ فحص أنماط اتّقاد العصبونات لديهم، كانت الإشارات غير واضحة.

يقـــول ميرزنيتش: "كانت الإشارات الداخلة والخارجة مشوّشة". قاد السمع غـــير الملائـــم إلى ضـــعف في **جمـــيع** مهام اللغة، ولهذا كانوا ضعافاً في المفردات، والاســـتيعاب، والكلام، والقراءة، والكتابة. ولأنهم أنفقوا الكثير من الطاقة في حلّ شيفرة الكلمات، فقد كان من شأنهم أن يستخدموا جُملاً أقصر وعجزوا عن تمرين ذاكـــرتهم لاستخدام جملٍ أطول. كانت معالجة اللغة لديهم طفولية، أو "متأخِّرة"، واحتاجوا إلى التدريب للتمييز بين "دا دا دا" و"با با با".

عندما اكتشفت طلال مشكلتهم في البداية، خافت أن يكون "هؤلاء الأطفال 'معطَّلـــين' ولا يمكـــن القـــيام بأي شيء لمساعدتهم" على إصلاح خلل دماغهم الأساسي[33]. ولكنّ خوفها ذاك كان قبل أن توحّد هي وميرزنيتش جهودهما.

في العـــام 1996، قـــام ميرزنيتش وباولا طلال وبيل جنكينـــز وواحدٌ من زمـــلاء طـــلال، هو العالِم السيكولوجي ستيف ميلر، بتشكيل نواة شركة **التعلّم العلمـــي** المكرّســـة بالكامل لاستخدام أبحاث اللدونة العصبية لمساعدة الناس على تجديد الاتصالات الكهربائية لأدمغتهم.

يقع مركز الشركة الرئيسي في الروتندا *Rotunda*، وهو تحفة فنية جميلة ذات قبّة زجاجية بيضاوية الشكل، بارتفاع 36 متراً تقريباً، مطلية الحواف برقائق ذهب عـــيار 24، في منتصف مركز أوكلاند التجاري، في كاليفورنيا. حين تدخل المبنى،

تجد نفسك في عالمٍ آخر. يضمّ فريق عمل شركة **التعلّم العلمي** علماء سيكولوجيين للأطفال، وباحثين في مجال اللدونة العصبية، وخبراء في الدوافع البشرية، واختصاصيين بعلم الأمراض الخاصة بالكلام، ومهندسين، ومبرمجين، ورسّامين. ومن مكاتبهم، مغمورين بالضوء الطبيعي، يستطيع هؤلاء الباحثون أن يرفعوا بصرهم ناظرين إلى القبّة الرائعة.

فاست فوروورد *Fast ForWord* هو اسم البرنامج التدريبي الذي طوّرته الشركة للأطفال الذين يعانون من عجزٍ تعلّمي ولغوي. يمرِّن البرنامج كل وظيفة دماغية أساسية متعلّقة باللغة إنطلاقاً من حلّ شيفرة الأصوات إلى الاستيعاب - نوع من التدريب المخّي المتقاطع.

يقدِّم البرنامج سبعة تمارين دماغية. يعلّم أحدها الأطفال أن يحسِّنوا قدرتهم على التمييز بين الأصوات القصيرة والأصوات الطويلة. تطير بقرة عبر شاشة الكمبيوتر، مُحدِثةً سلسلةً من أصوات الخُوار. يجب على الطفل أن يمسك البقرة بمؤشّرة الكمبيوتر وأن يبقى ممسكاً بها بالضغط على زر الفأرة. ثمّ على نحوٍ مفاجئ، يتغيّر طول صوت الخوار قليلاً. وهنا يجب على الطفل أن يحرِّر البقرة ويتركها تطير. يُحرز الطفل نقاطاً إذا حرّر البقرة مباشرةً بعد تغيُّر الصوت. وفي لعبة أخرى، يتعلّم الأطفال أن يعيّنوا بسهولة ائتلافات الحروف الساكنة وحروف العلّة المربكة، مثل "با" و"دا"، بسرعات أبطأ في البداية، ثمّ بسرعات طبيعية، ثم بسرعات متزايدة باستمرار. وتعلّم لعبةٌ أخرى الأطفال أن يسمعوا انزلاقات التردد *frequency glides* أسرع وأسرع (أصوات مثل "وووووب *Whoooooop*"). وتعلّمهم لعبة أخرى أن يتذكّروا الأصوات ويلائموا بينها. تُستخدَم "أجزاء الكلام السريعة" في جميع التمارين ولكن يتمّ إبطاؤها بمساعدة الكمبيوتر، بحيث يتمكّن الأطفال ذوو العجز اللغوي من سماعها وتطوير خرائط واضحة لها، ثمّ يُصار تدريجياً إلى زيادة سرعتها مع التقدّم في التمارين. وفي كل مرة يتمّ فيها بلوغ هدف، يحدث شيءٌ مسلٍّ: تأكل الشخصية في الرسوم المتحرّكة الإجابة، وتصاب بعسر هضم، وتُظهر تعبيراً مضحكاً على وجهها، أو تقوم بحركة كوميدية غير متوقّعة بما يكفي لإبقاء الطفل منتبهاً. تُعتبَر هذه "المكافأة" سمةً حاسمة للبرنامج، لأنّ في كل مرة يتمّ فيها مكافأة الطفل، يفرز دماغه ناقلات عصبية مثل الدوبامين

والأسـيتيل كولين، اللذين يساعدان على تثبيت تغيّرات الخريطة التي أحدثها لتوّه (يعزّز الدوبامين المكافأة، ويساعد الأسيتيل كولين الدماغ على "الانسجام" وزيادة حدّة الذكريات).

نموذجـياً، يـتدرّب الأطفال الذين يعانون من صعوبات خفيفة على برنامج فاسـت فورورد لساعة وأربعين دقيقة يومياً، لخمسة أيام في الأسبوع، على مدى عـدة أسابيع. أما أولئكَ الذين يعانون من صعوبات وخيمة، فتتراوح مدة تدريبهم من 8 إلى 12 أسبوعاً.

كانت نتائج الدراسة الأولى المنشورة في مجلة **العلوم** *Science* في كانون الثاني (ينايـر) من العام 1996، مدهشة[34]. تمّ تقسيم الأطفال الذين يعانون من حالات عجزٍ لغوي إلى مجموعتين، تدرّبت إحداهما على برنامج فاست فورورد، أما الثانية، وهـي مجمـوعة ضبط، فقد تدرّبت على لعبة كمبيوتر مشابهة ولكنها لا تدرِّب المعالجـة الصدغية أو تستخدم الكلام المعدَّل. وتمّت مطابقة المجموعتين لجهة العمر، وحاصـل الذكاء *IQ*، ومهارات المعالجة اللغوية. حقّق الأطفال الذين تدرّبوا على فاسـت فـورورد تقدُّماً ملحوظاً في الكلام القياسي، واللغة، واختبارات المعالجة الـسمعية، وأحـرزوا نتائج لغة طبيعية أو أفضل من الطبيعية، واحتفظوا بمهاراتهم المكتسبة عندما أُعيد اختبارهم بعد ستة أسابيع من نهاية التدريب. وقد تحسّنوا أكثر بكثير من الأطفال في مجموعة الضبط.

وتابعت دراسة أخرى خمسمائة طفل في خمسة وثلاثين موقعاً – مستشفيات، وبـيوت، وعيادات. خضع الجميع لاختبارات لغة موحّدة قبل وبعد التدريب على فاسـت فـورورد. أظهرت الدراسة أنّ قدرة معظم الأطفال على فهم اللغة بلغت المـستوى الطبيعي بعد تدرُّبهم على فاست فورورد[35]. وفي حالات كثيرة، ارتفع اسـتيعابهم فوق المعدّل الطبيعي، حيث تقدّم الطفل العادي 1.8 سنة إلى الأمام في تطـوُّر اللغـة بعـد تدرّبه على البرنامج لستة أسابيع، وهو تقدُّم سريع على نحوٍ مـدهش. قامـت مجموعة في ستانفورد بعمل مسحٍ للدماغ لعشرين طفلاً مصابين بعـسر القراءة، قبل وبعد التدرُّب على برنامج فاست فورورد. بيّن مسح الدماغ الأول (قبل استعمال البرنامج) أنّ الأطفال قد استخدموا أجزاء مختلفة من أدمغتهم للقراءة مقارنةً بالأطفال الطبيعيين. وبعد التدرُّب على فاست فورورد، أظهر مسح

الدماغ الجديد أنّ أدمغة الأطفال بدأت تبلغ مستوىً طبيعياً[36] (على سبيل المثال، طـوّرت نشاطاً متزايداً في القشرة الصدغية الجدارية اليسرى، وبدأ مسح الدماغ يُظهر أنماطاً مشابهة لأنماط الأطفال الذين لا يعانون من مشاكل في القراءة).

ويلـي آربر هو صبـي في السابعة من عمره، من وست فرجينيا، ذو شعرٍ أحمـر ونمـش على وجهه. ينتمي آربر إلى فرقة كشفية، ويحبّ الذهاب إلى المجمّع الـتجاري الضخم، ورغم أنّ طوله بالكاد يتجاوز المتر والعشرين سنتيمتراً، إلا أنه يحبّ المصارعة. وقد أنهى لتوّه فترة تدريب كاملة على برنامج فاست فورورد التي أحدثت تحوُّلاً فيه.

تـشرح أمّه: "تمثّلت مشكلة ويلي الرئيسية في سماع كلام الآخرين بوضوح. قـد أقـول مثلاً كلمة ’*copy*‘، ويحسب أني قلت ’*coffee*‘. وإذا كان هناك أي ضـجيج في الخلفية، فقد كان يصعب عليه بصورة خاصة أن يسمع. كانت مرحلة الروضة مُحبِطة. كان بإمكانك أن تشعر باضطرابه، حيث أصبح معتاداً على مضغ ثـيابه أو كَمّ قميصه بعصبية، لأنّ الجميع كان يتوصّل إلى الإجابة الصحيحة، إلا هو. وقد تحدّثت المعلّمة بالفعل بشأن إبقائه في الصف الأوّل". واجه ويلي صعوبةً في القراءة لنفسه أو بصوت مرتفع على حدّ سواء.

وتـتابع أمّه: "لم يكن بإمكان ويلي أن يسمع التغيُّر في طبقة الصوت بشكلٍ صحيح. ولهذا لم يستطع أن يحدّد ما إذا كان الشخص يتعجّب أو يتحدّث بشكلٍ عـادي، ولم يكـن يدرك التغيّرات في ارتفاع الصوت في الكلام، وهو ما جعله عاجزاً عن قراءة انفعالات الناس. مفتقراً إلى القدرة على تمييز الارتفاع والانخفاض في طـبقة الصوت، لم يكن ويلي يسمع تعبيرات الإعجاب أو الاندهاش تلك التي يقولها الناس عندما يكونون مُثارين أو متحمِّسين. بدا الأمر كما لو كان كل شيء متماثلاً".

أُخـذ ويلي إلى اختصاصي بالسمع، شخّص "مشكلة السمع" لديه بأنها ناتجة عـن اضطّراب معالجة سمعية دماغي المنشأ. كان يجد صعوبةً في تذكّر سلسلة من الكلمات لأنّ جهازه السمعي كان يُثقَل بسهولة. تقول أمّه: "إذا أعطيته أكثر من ثلاث تعليمات، مثل ’اخلع حذاءك في الطابق العلوي، وضعه في الخزانة، وانـزل لتـناول العشاء‘، كان ينساها. سيخلع حذاءه، ويصعد الدرجات، ويسأل: ’أمي،

مـــاذا أردتـــني أن أفعل؟' واضطّرت معلّماته إلى تكرار التعليمات طوال الوقت". ورغم أنه بدا طفلاً موهوباً - كان جيداً في الرياضيات - إلا أنّ مشاكله أعاقته في ذلك المجال أيضاً.

احتجّت والدته على إبقائه في الصفّ الأول، وأرسلته في الصيف إلى مؤسسة **التعلُّم العلمي** ليتدرّب على برنامج فاست فورورد لثمانية أسابيع.

تتذكّـــر أمّه: "قبل أن يتدرّب ويلي على فاست فورورد، كان يشعر بإجهادٍ شديد بمجرد أن يجلس أمام شاشة الكمبيوتر. ولكن مع هذا البرنامج، كان يقضي أمام الشاشة مائة دقيقة في اليوم لثمانية أسابيع كاملة. أحبّ ويلي استعمال البرنامج وأحـــبّ نظـــام النقاط المُحرزة لأنه كان يستطيع أن يرى نفسه يتقدّم باستمرار". وعندما تحسّن، أصبح قادراً على إدراك تغيّرات ارتفاع الصوت في الكلام، وأصبح أفـــضل في قراءة انفعالات الآخرين، وأقلّ قلقاً. "لقد شعر بالتغير في نواحٍ كثيرة. عـــندما أحـــضر نتيجة امتحاناته الفصلية إلى البيت، قال: 'إنها أفضل هذه السنة يا أمـــي'. وبدأ يحرز علامات امتياز وجيد جداً في معظم اختباراته وتقييماته - فرقاً ملحـــوظاً... أصـــبح يقـــول الآن: 'أستطيع القيام بهذا. هذه علامتي. يمكنني أن أحـــسّنها'. أشـــعر كما لو أنّ دعائي قد استُجيب. لقد أفاده البرنامج كثيراً. إنه مذهل". وبعد سنة، استمرّ ويلي في التحسُّن.

بـــدأ **فريق ميرزنيتش يسمع أنّ** برنامج فاست فورورد له عددٌ من التأثيرات الإيجابـــية غـــير المتوقّعة. فقد تحسّن خطّ الأطفال، وذكر الأهل أنّ أولادهم بدأوا يُظهرون انتباهاً وتركيزاً متواصلَين. اعتقد ميرزنيتش أنّ هذه الفوائد المدهشة كانت تحدث لأنّ فاست فورورد أدّى إلى بعض التحسُّن العام في المعالجة العقلية.

أحـــد أهمّ نشاطات الدماغ - نشاط لا نفكّر في شأنه غالباً - هو تحديد كم يستمر حدوث الشيء، أو ما يُعرَف بالمعالجة الصدغية. أنت لا تستطيع أن تتحرّك، أو تفهـــم، أو تـــتوقع بـــشكلٍ صحيح إذا كنت لا تستطيع أن تحدّد كم تستمرّ الأحداث. اكتشف ميرزنيتش أنه عندما يتمّ تدريب الناس على تمييز ذبذبات سريعة جـــداً على جلدهم، تستمرّ فقط لخمس وسبعين مِلّيثانية، فإنّ هؤلاء الناس أنفسهم يـــستطيعون أن يكتـــشفوا **أصواتاً** مدّتها خمس وسبعون مِلّيثانية أيضاً[37]. بدا أنّ فاســـت فورورد كان يحسّن قدرة الدماغ العامة على الاحتفاظ بالوقت. وأحياناً،

امتدّ هذا التحسُّن ليشمل المعالجة البصرية أيضاً. عندما طُلِب من ويلي مرةً في إحدى اللعب، قبل استعماله لبرنامج فاست فورورد، أن يحدّد الأصناف التي ليست في محلّها - جزمة في أعلى الشجرة، أو صفيحة قصدير على السقف - كانت عيناه تثبان من نقطة إلى أخرى في جميع أنحاء الصفحة. كان يحاول أن يرى الصفحة بأكملها بدلاً من استيعاب جزء صغير في كل مرة. وفي المدرسة، كان يتجاوز أسطراً عندما يقرأ. وبعد تدرّبه على فاست فورورد، لم تعد عيناه تثبان من نقطة إلى أخرى، وأصبح قادراً على تركيز انتباهه البصري.

أُجرِيت اختبارات موحّدة لعدد من الأطفال بعد فترة وجيزة من إكمالهم التدريب على فاست فورورد، وتبيّن منها حدوث تحسُّن ليس فقط في اللغة، والكلام، والقراءة، بل أيضاً في الرياضيات، والعلوم، والدراسات الاجتماعية. لعلّ هؤلاء الأطفال أصبحوا يسمعون ما يجري في الصفّ بصورة أفضل، أو أنّ قدراتهم على القراءة قد تحسّنت. ولكنّ الأمر كان أعقد من ذلك باعتقاد ميرزنيتش.

يقول: "حسناً، يرتفع حاصل الذكاء *IQ*. استخدمنا اختبار المصفوفة الذي هو مقياس **بصري** الأساس لحاصل الذكاء - وحاصل الذكاء إلى ارتفاع".

إنّ حقيقة أنّ عنصراً **بصرياً** لحاصل الذكاء قد ارتفع عنت أنّ التحسُّن في حاصل الذكاء ليس ناتجاً ببساطة عن تحسين فاست فورورد لقدرة الأطفال على قراءة أسئلة اختبار لفظية. كانت معالجتهم العقلية تتحسّن بشكلٍ عام، ربما لأنّ معالجتهم الصدغية كانت تتحسّن. وكانت هناك فوائد أخرى غير متوقّعة، حيث بدأ بعض الأطفال المصابين بالتوحّد (الفصام الذاتي) يحرزون بعض التقدُّم العام.

* * *

إنّ لغز التوحُّد - عقلٌ بشري لا يستطيع أن يتصوَّر عقول الآخرين - هو واحدٌ من أكثر الألغاز إرباكاً وتأثيراً في الطبّ النفسي، وواحدٌ من أكثر اضطّرابات التطوّر وصعوبة في مرحلة الطفولة. يُطلق عليه اسم "اضطّراب التطوُّر الواسع الانتشار"، بسبب تشوّش أوجه عديدة من التطوّر: الذكاء، والإدراك الحسّي، والمهارات الاجتماعية، واللغة، والعاطفة.

إنّ حاصل الذكاء لمعظم الأطفال المتوحِّدين هو أقلّ من 70. يعاني هؤلاء الأطفال من مشاكل هامة في ما يتعلّق بالاتصال اجتماعياً بالآخرين، وقد يعاملون

الناس، في الحالات الوخيمة، مثل أشياء لا حياة فيها، بحيث إنهم لا يحيّونهم ولا يبدون تعرّفهم عليهم كبشر. يبدو في بعض الأحيان أنّ المتوحِّدين لا يملكون إحساساً بوجود "عقول أخرى" في العالم. وهم يعانون أيضاً من صعوبات معالجة إدراكية حسّية، ويكونون، بالتالي، مفرطي الحساسية غالباً للصوت واللمس، ويُثقلون بسهولة بالتنبيه (قد يكون هذا واحداً من الأسباب وراء تجنّب الأطفال المتوحِّدين الاتّصال البصري في معظم الأحيان: إنّ التنبيه من الناس، وخاصة إذا كان صادراً من حواسّ عديدة في وقت واحد، يكون شديداً جداً). تبدو شبكاتهم الطبيعية مفرطة النشاط، والعديد من هؤلاء الأطفال مُصابٌ بالصرع.

ونظراً لأنّ العديد جداً من الأطفال المتوحِّدين يعاني من ضعف لغوي، فقد بدأ الأطباء السريريون يقترحون استخدامهم لبرنامج فاست فورورد. ولكنهم لم يتوقّعوا أبداً ما يمكن أن يحدث. يقول ميرزنيتش: "أخبرني آباء الأطفال المتوحِّدين الذين تدرّبوا على فاست فورورد أنّ أطفالهم أصبحوا أكثر ارتباطاً اجتماعياً". وبدأ ميرزنيتش يسأل: هل كان يتمّ تدريب الأطفال ببساطة ليكونوا مستمعين أكثر انتباهاً؟ وقد انذهل بحقيقة أنّ أعراض ضعف اللغة وأعراض التوحّد بدت أنها تتلاشى معاً مع استخدام برنامج فاست فورورد. هل يمكن أن يعني هذا أنّ مشكلتَي اللغة والتوحّد كانتا تعبيرَين مختلفين لمشكلة مشتركة؟

أكّدت دراستان حول الأطفال المتوحِّدين ما كان ميرزنيتش قد بدأ يسمعه. أظهرت إحدى الدراستَين، وهي دراسة لغة، أنّ فاست فورورد نقل الأطفال المتوحِّدين بسرعة من ضعف لغوي وخيم إلى المدى الطبيعي[38]. ولكنّ دراسة دليلية أخرى شملت مائة طفلٍ متوحّد أظهرت أنّ فاست فورورد كان له تأثيرٌ ملحوظ على أعراضهم التوحُّدية أيضاً، حيث تحسّنت مدّة انتباههم، وكذلك حسّ الفكاهة لديهم، وأصبحوا أكثر اتصالاً بالناس[39]. طوّر هؤلاء الأطفال اتصالاً بصرياً أفضل، وبدأوا يحيّون الناس ويوجّهون خطابهم إليهم بالاسم، ويتحدّثون معهم، ويلقون تحية الوداع عند انتهاء لقائهم بهم. بدا أنّ الأطفال قد بدأوا في اختبار العالم كما هو ممتلئ بعقول بشرية أخرى.

لوراي هي فتاة متوحّدة في الثامنة من العمر، تمّ تشخيص مرضها حين كانت في الثالثة من عمرها على أنه توحُّد معتدل. لم تستخدم لوراي اللغة إلا نادراً

رغم بلوغها الثماني سنوات، و لم تكن تجيب لدى سماعها لاسمها، وبدا لأبويها أنها لم تكـن تسمعه. كانت تتكلّم أحياناً، وحين كانت تفعل ذلك، كانت "تستخدم لغتها الخاصة، التي غالباً ما كانت غير مفهومة"، كما تقول أمها. إذا أرادت عصيراً، لم تكن تطلبه، بل كانت تومئ وتشدّ والديها إلى الخزانة ليجلبا الأشياء إليها.

عانت لورالي من أعراض توحُّدية أخرى، من بينها الحركات التكرارية التي يستخدمها الأطفال المتوحّدون في محاولة منهم لاحتواء إحساسهم بالانغمار. ووفقاً لأمها، كانت لدى لورالي "الحركات كلها - رفرفة اليدين، والمشي على رؤوس الأصابع، والكثير من الطاقة، والعضّ. و لم تستطع أن تخبرني بما كانت تشعر".

كانت لورالي متعلّقة جداً بالأشجار. عندما كان والداها يصطحبانها في نزهة على الأقدام في المساء، كانت في كثيرٍ من الأحيان تتوقّف، وتلمس شجرة، وتعانقها، وتتحدّث إليها.

وكانت حسّاسة على نحوٍ استثنائي للأصوات. تقول أمها: "كانت لديها أذنان إلكترونيتان. عندما كانت صغيرة، غالباً ما كانت تغطّي أذنيها لأنها لم تكن تحتمل موسيقى معينة على الراديو، مثل الموسيقى الكلاسيكية والموسيقى الهادئة". وفي عيادة طبيب الأطفال، كانت تسمع أصواتاً من الطابق العلوي لم يكن الآخرون يسمعونها. وفي البيت، كان من عادتها أن تذهب إلى المغسلة، وتملأها بالماء، ثمّ تحني نفسها حول الأنابيب، وتعانقها، وتستمع إلى المياه المصرَّفة عبرها.

يعمل والد لورالي في البحرية وقد خدم في حرب العراق في العام 2003. وبانتقال العائلة إلى كاليفورنيا، تمّ تسجيل لورالي في مدرسة حكومية توفّر صفاً تعليمياً خاصاً يستخدم برنامج فاست فورورد. تدرّبت لورالي على البرنامج ساعتين في اليوم تقريباً على مدى ثمانية أسابيع.

وعندما أنهت لورالي تدريبها، "حدث لديها انفجارٌ في اللغة"، كما تقول أمها، "وبدأت تتكلّم أكثر وتستخدم جملاً كاملة. أصبح بإمكانها أن تخبرني عن أيامها في المدرسة. قبل ذلك، كنت أسألها فقط: 'هل كان يومك سيئاً أو جيداً؟' والآن أصبحت قادرة على أن تقول ما فعلت، وأن تتذكّر التفاصيل. وإذا تورّطت في موقفٍ صعب، ستكون قادرةً على إخباري، ولن أكون مضطّرةً إلى حثّها على

الكـــلام. كمـــا أنهـــا أصبحت تتذكّر الأشياء بسهولة أكثر". طالما أحبّت لورالي القـــراءة، ولكـــنها الآن تقرأ كتباً أطول، وكتباً واقعية، وموسوعات. تقول أمها: "تستمع لورالي الآن لأصوات أهدأ ويمكنها أن تحتمل أصواتاً مختلفة من الراديو. لقد جعلها البرنامج تستفيق. ومعً التواصل الأفضل، كانت هناك استفاقة لنا جميعاً. لقد كان نعمة كبرى".

قـــرّر ميرزنيتش أنه من أجل أن يعمّق فهمه للتوحُّد وما يرافقه من حالات تأخرّ تطوّري عديدة، سيكون عليه أن يعود إلى المختبر. وفكّر أنّ الطريقة الأفضل لدراسة الموضوع هي أن يُنتج في البداية "حيواناً متوحِّداً"، تكون لديه حالات تأخُّر تطوُّري متعددة، مثل الأطفال المتوحّدين. ومن ثمّ يمكنه أن يدرسه ويعالجه.

عندما بدأ ميرزنيتش يفكّر في ما يدعوه "الكارثة الطفلية" للتوحّد، كان لديه شـــعورٌ حدسي قوي باحتمال حدوث شيء خاطئ في الطفولة، وهي المرحلة التي تحدث فيها معظم الفترات الحرجة، وتكون فيها اللدونة في حدّها الأقصى، ويحدث فـــيها قدرٌ هائل من التطوُّر. ولكنّ التوحّد هو حالة وراثية إلى حدّ كبير. إذا كان أحـــد تـــوأمين متطابقين متوحّداً، فهناك احتمال نسبته 80 إلى 90 بالمئة بأنّ الثاني ســـيكون مـــتوحّداً أيضاً. وفي حالات التوائم غير المتطابقة، إذا كان أحد التوأمين متوحِّداً، فإن الآخر غير المتوحّد سيعاني غالباً من مشاكل لغوية واجتماعية.

ومع ذلك، فإنّ حدوث التوحّد آخذٌ في التزايد بمعدّل مربك لا يمكن تفسيره بعلـــم الـــوراثة وحده. عندما تمّ تمييز الحالة لأول مرة قبل أربعين سنة، كان هناك مصابٌ واحدٌ بين كل خمسة آلاف شخص. والآن يعتقد ميرزنيتش أنّ هناك خمسة عشر مصاباً على الأقل بين كل خمسة آلاف شخص. لقد ارتفع ذلك العدد جزئياً بـــسبب الزيادة في تشخيص المرض، ولأنّ بعض الأطفال يوصفون بأنهم متوحّدون بـــشكلٍ خفـــيف من أجل الحصول على تمويل حكومي للعلاج. يقول ميرزنيتش: "ولكـــن حـــتى عندما تُصحَّح هذه الأرقام من قِبَل علماء أوبئة صارمين، فلا يزال يـــبدو أنّ عدد الإصابات قد تضاعف ثلاث مرات تقريباً خلال الخمس عشرة سنة الفائتة. هناك حالة طارئة عالمية ترتبط بالعوامل الخطرة للتوحّد".

اعـــتقد ميرزنيـــتش بـــأنّ هناك، على الأرجح، عاملاً بيئياً يؤثّر في الدوائر الكهـــربائية العصبية في هؤلاء الأطفال، مُجبِراً الفترات الحرجة على الانتهاء باكراً،

قبل أن تكون خرائط الدماغ قد تمايزت بشكلٍ كامل. غالباً ما تكون خرائط دماغنا، عند الولادة، "مسوّدات تقريبية"، أو رسوم تخطيطية، تفتقر إلى التفاصيل، **وغير متمايزة**. وفي الفترة الحرجة، حين تبدأ بنية خرائط دماغنا بالتشكُّل فعلياً بواسطة تجاربنا الدنيوية الأولى، فإنّ المسوّدة التقريبية طبيعياً، تصبح مفصّلةً ومتمايزة.

استخدم ميرزنيتش وفريقه رسم الخرائط المجهرية ليبيّنوا كيف تتشكّل الخرائط في الفترة الحرجة في الجرذان المولودة حديثاً. في بداية الفترة الحرجة بعد الولادة مباشرةً، كانت الخرائط السمعية غير متمايزة، حيث تبيّن وجود منطقتين واسعتين فقط في القشرة. وقد استجاب نصف الخريطة **لأي** صوت عالي التردّد، بينما استجاب النصف الآخر **لأي** صوت منخفض التردّد.

ولكن عندما عُرِّض الحيوان لتردُّد معيّن خلال الفترة الحرجة، تغيّر ذلك التنظيم البسيط. فحين عُرِّض الحيوان بشكلٍ متكرِّر لنغمة C مرتفعة، كانت بضعة عصبونات فقط تتّقد، ما يعني أنها أصبحت **انتقائية** لنغمة C مرتفعة. وحدث الأمر نفسه لدى تعريض الحيوان للنغمات D، وE، وF، وهكذا. والآن، بدلاً من اشتمالها على منطقتين واسعتين فقط، أصبحت الخريطة تشتمل على مناطق مختلفة عديدة، يستجيب كل منها إلى نغمة مختلفة. أصبحت الخريطة الآن متمايزة.

الأمر اللافت للنظر بشأن القشرة في الفترة الحرجة هو أنها لدنة جداً بحيث يمكن تغيير بنيتها بمجرّد تعريضها لمنبّهات جديدة. تتيح تلك الحساسية للأطفال الرضّع والأطفال الصغار جداً في الفترة الحرجة لتطوُّر اللغة أن يلتقطوا أصوات وكلمات جديدة دون جهد يُذكَر، بمجرّد أن يسمعوا آباءهم يتكلّمون. إنّ مجرّد التعرُّض يجعل خرائط دماغهم تثبِّت الدوائر الكهربائية للتغيُّرات. وبعد الفترة الحرجة، يستطيع الأطفال الأكبر سناً والراشدون أن يتعلّموا لغات، بالطبع، ولكن سيكون عليهم أن يبذلوا جهداً بالفعل لينتبهوا. بالنسبة إلى ميرزنيتش، فإنّ الفرق بين لدونة الفترة الحرجة ولدونة الراشدين هو أنّ خرائط الدماغ في الفترة الحرجة يمكن تغييرها بمجرّد تعريضها للعالَم لأنّ "آلية التعلُّم مستمرة بلا انقطاع".

يبدو معقولاً من ناحية بيولوجية أن تكون هذه "الآلية" دائماً عاملة، لأنّ الأطفال الرضّع لا يمكنهم أن يعرفوا ما سيكون مهمّاً في الحياة، ولهذا فهم ينتبهون

إلى كـــل شيء. وحده الدماغ الذي هو منظّم بالفعل إلى حدّ ما يمكنه أن يكتشف ما يستحقّ الانتباه إليه.

الدلالـــة التالـــية التي احتاج إليها ميرزنيتش من أجل أن يفهم التوحُّد كان مـــصدرها سلـــسلة أبحـــاث نشأت خلال الحرب العالمية الثانية في إيطاليا الفاشية بواسطة شابة يهودية تُدعَى ريتا ليفي - مونتالسيني، بينما كانت في المخبأ. وُلِدت ليفي - مونتالسيني في تورين في العام 1909 ودخلت كلية الطبّ هناك. وفي العام 1938، حين حظر موسوليني على اليهود ممارسة الطبّ والقيام بأبحاث علمية، فرّت إلى بروكـــسل لإكمال دراستها. وعندما هدّد النازيّون بلجيكا، عادت إلى تورين وأنـــشأت مختـــبراً سرّياً في غرفة نومها، لتدرس كيف تتشكّل الأعصاب، صانعةً أدوات جـــراحية مجهرية من إبر الخياطة. وعندما قصف الحلفاء تورين في العام 1940، فـــرّت ريتا إلى بيدمونت. وفي أحد الأيام في العام 1940، بينما كانت مسافرة إلى قـــرية إيطالية شمالية صغيرة في عربةٍ للماشية حُوِّلت إلى قطارٍ للمسافرين، جلست على أرض العربة وقرأت ورقة بحثٍ علمية لفكتور هامبرغر الّذي كان يقوم بعملٍ رائـــد حول تطوُّر الأعصاب بدراسة أجنّة الصيصان. قرّرت ريتا أن تعيد وتوسّع تجاربـــه، مشتغلةً على طاولة في منـــزلٍ في الجبل باستخدام بيضٍ من مزارعٍ محلي. وكانـــت تأكـــل البيض لدى انتهائها من كل تجربة. وبعد الحرب، دعا هامبرغر ليفي - مونتالسيني لتنضمّ إليه في أبحاثه في سانت لويس ليعملا معاً على اكتشافهما بـــأنّ الألياف العصبية للصيصان كانت تنمو أسرع بوجود أورام من فئران. خمّنت ليفـــي - مونتالـــسيني أنّ الـــورم ربمـــا كان يطلق مادةً تعزِّز نموّ العصب. ومع اختـــصاصي الكيمياء الحيوية، ستانلي كوهين، قامت بعزل البروتين المسؤول وسمّته عامل نموّ العصب، أو *NGF*. حازت ليفي - مونتالسيني وكوهين على جائزة نوبل في العام 1986.

قـــاد عمـــل ليفـــي - مونتالسيني إلى اكتشاف عدد من عوامل نموّ العصب الأخرى، من بينها العامل المُتعلّق بتأثير الدماغ على الأعصاب المغذية للأنسجة، أو *BDNF*، والذي لفت انتباه ميرزنيتش.

يلعـــب *BDNF* دوراً حاسمـــاً في تعزيز التغيُّرات اللدنة الحاصلة في الدماغ في الفترة الحرجة[40]. ووفقاً لميرزنيتش، هو يفعل ذلك بأربع طرقٍ مختلفة.

عـــندما نؤدّي نشاطاً يتطلّب اتّقاد عصبونات محدّدة معاً، تُطلق هذه العصبونات *BDNF*. يقـــوّي عامـــل النموّ هذا الاتصالات بين هذه العصبونات ويساعد على ربـــط دوائـــرها الكهربائية معاً بحيث تتّقد معاً على نحوٍ موثوق في المستقبل. يعزّز *BDNF* أيـــضاً نمـــوّ الطبقة الرقيقة الدهنية حول كل عصبون، التي تسرِّع انتقال الإشارات الكهربائية.

يقوم *BDNF* خلال الفترة الحرجة بتشغيل النواة القاعدية *nucleus basalis*، وهو جزء الدماغ الذي يتيح لنا أن نركّز انتباهنا، **ويبقيه شغّالاً خلال كامل الفترة الحـــرجة.** مـــا إن يتمّ تشغيلها، فإنّ النواة القاعدية تساعدنا ليس فقط على تركيز الانتـــباه، بـــل أيضاً على تذكّر ما نحن آخذون باختباره. وهي تتيح حدوث تمايز وتغيُّـــر الخـــريطة دون جهد يُذكَر. أخبرني ميرزنيتش: "هي مثل معلّم في الدماغ يقـــول، 'والآن **هـــذا** مهمّ فعلاً - يجب أن تعرفوا هذا من أجل امتحان الحياة'". يُطلق ميرزنيتش على النواة القاعدية وجهاز الانتباه اسم "جهاز الضبط التركيبـــي للّدونـــة" - الجهاز الكيميائي العصبـــي الذي، عند تشغيله، يضع الدماغ في حالة لدنة للغاية.

الخدمـــة الرابعة والأخيرة التي يقوم بها *BDNF* - بعد أن يكون قد أنهى تعزيز الاتـــصالات الأساسية - هي المساعدة في إغلاق الفترة الحرجة[41]. فعندما تكون الاتصالات العصبونية الرئيسية قد تشكّلت، تصبح هناك ضرورة للاستقرار وبالتالي إلى لدونـــة أقـــلّ في الجهـــاز. يقوم *BDNF*، عند إطلاقه بكميات كافية، بإيقاف تـــشغيل الـــنواة القاعدية وإغلاق الفترة السحرية المتميّزة من التعلُّم العفوي الهيِّن. ومـــنذ ذلك الحين فصاعداً، تنشط النواة فقط إذا حدث شيء مهمّ أو مفاجئ أو غريب، أو إذا بذلنا الجهد للانتباه بدقّة.

اســـتفاد ميرزنيتش من عمله على الفترة الحرجة و*BDNF* في تطوير نظرية تـــشرح كيف أنّ العديد جداً من المشاكل المختلفة يمكن أن تكون جزءاً من كلّ توحُّدي مفرَد. يجادل ميرزنيتش بأنّ بعض الحالات، خلال الفترة الحرجة، تُفرط في إثارة العصبونات في الأطفال الذين لديهم جينات تجعلهم عرضةً للتوحّد، مؤدِّيةً إلى **الإطـــلاق الـــضخم المُبتَسَر (الحادث قبل الأوان) من** *BDNF*. وبدلاً من تعزيز الاتصالات **المهمّة** فقط، يتم تعزيز **جميع** الاتصالات. يُطلَق الكثير جداً من *BDNF*

بحـيث إنـه يُغلق الفترة الحرجة قبل الأوان، مُثبّتاً كل هذه الاتصالات في مكانها، ويُتـرَك الطفـلُ بقدرٍ وافر من خرائط الدماغ غير المتمايزة، وباضطّرابات تطوُّرية مُتفـشّية نتـيجة لـذلك. تكون أدمغة هؤلاء الأطفال مفرطة الاستثارة ومفرطة الحـساسية. فإذا سمعوا تردُّداً معيناً، تبدأ كامل القشرة السمعية في الاتّقاد (إطلاق الإشارات الكهربائية)[42]. وهذا ما بدا أنه كان يحدث في دماغ لورالي، التي كانت تـضطّر إلى تغطـية أذنـيها "الإلكترونيّتين" لدى سماعها الموسيقى. يكون بعض الأطفـال المـتوحِّدين مفرطـي الحساسية للّمس ويشعرون بالعذاب عندما تلمس اللـصيقات علـى ثـيابهم جلدهم. تفسّر نظرية ميرزنيتش أيضاً معدّلات الصرع المـرتفعة في حالات التوحُّد: فبسبب إطلاق *BDNF*، تكون خرائط الدماغ سيئة التمايـز، ولأنّ العديد جداً من الاتصالات في الدماغ تمّ تعزيزها دون تمييز، فما إن تبدأ بضعة عصبونات في الاتّقاد، حتى يحدث الأمر نفسه في كامل الدماغ. وتشرح النظـرية أيضاً السبب وراء امتلاك الأطفال المتوحِّدين لأدمغةٍ أكبر[43]، حيث يزيد *BDNF* الطبقة الدهنية المحيطة بالعصبونات.

إذا كـان *BDNF* يُسهم في التوحُّد ومشاكل اللغة، فقد احتاج ميرزنيتش إلى فهم ما الذي يجعل العصبونات الصغيرة "تُستثار بإفراط" وتُطلق كميات كبيرة من المادة الكيميائية.

نـبّهت دراسات عدة ميرزنيتش إلى الكيفية التي يمكن بها لعاملٍ بيئي أن يُسهم في التوحّد ومشاكل اللغة. أظهرت دراسةٌ مقلقة أنه كلما عاش الأطفال في مكانٍ أقرب للمطار الضاجّ في فرانكفورت في ألمانيا، كان مستوى ذكائهم أقلّ. وفي دراسة أخرى مشابهة أُجريت على أطفال مقيمين في مساكن حكومية تـرتفع فوق طريق "دان ريان" السريع في شيكاغو، تبيّن أنه كلما كان الطابق الذي يعيش فيه الأطفال أقرب إلى الطريق السريع، كان ذكاؤهم أقلّ. ولهذا بدأ ميرزنيـتش يتـساءل بشأن دور عاملٍ خطر بيئي جديد يمكن أن يؤثّر في كل شـخص، ولكـنّ تأثيره يكون أكثر ضرراً على الأطفال الذين لديهم استعداد وراثـي، ألا وهو الضجة الخلفية المستمرة من الآلات، التي يُطلَق عليها أحياناً اسم الضجة البيضاء. تتألّف الضجة البيضاء من تردّدات عديدة وهي منبّهةٌ جداً للقشرة السمعية.

يقـــول ميرزنيتش: "يُربَّى الأطفال في بيئات أكثر ضجيجاً على نحوٍ مستمر. هناك دائماً ضجيج". الضجة البيضاء هي في كل مكانٍ الآن، صادرة من المراوح في أجهزتنا الإلكترونية، ومكيِّفات الهواء، والسخّانات، ومحرّكات السيارات. تساءل ميرزنيتش: "كيف يؤثِّر ضجيج كذاك في الدماغ النامي؟".

لاختـــبار هذه الفرضية، قام ميرزنيتش وفريق عمله بتعريض جراء الجرذان إلى نبـــضات مـــن الـــضجيج الأبيض خلال كامل فترتها الحرجة ووجدوا أنّ القشرة الدماغية لها قد دُمِّرت.

يقـــول ميرزنيـــتش: "في كل مرة يتمّ فيها التعرُّض لنبضة، يُثار كل شيء في القـــشرة الـــسمعية؛ كل عصبون". وهكذا يؤدّي اتّقاد العديد من العصبونات إلى إطلاق كمية ضخمة من *BDNF*. وكما توقع نموذجه، فإنّ هذا التعرُّض يؤدّي إلى إغلاق الفترة الحرجة قبل الأوان[44]، تاركاً الحيوانات بخرائط دماغية غير متمايزة[45] وعصبونات غير مميِّزة كلياً تتّقد نتيجةً لأي تردّد.

وجد ميرزنيتش أنّ جراء الجرذان هذه، مثل الأطفال المتوحِّدين، كانت عرضةً للـــصرع، وأنّ تعريـــضها للكـــلام العادي جعلها تُصاب بنوبات صرعية. (يجد المـــصروعون مـــن البشر أنّ الأضواء المتوهّجة في حفلات الروك الموسيقية تستثير (تـــؤدي إلى) حدوث النوبات لديهم. هذه الأضواء هي انبعاثات نبضية من الضوء الأبـــيض وتـــتألّف من تردّدات عديدة أيضاً). أصبح لدى ميرزنيتش الآن نموذجه الحيواني للتوحُّد.

والآن، تـــؤكّد دراســـات مـــسح الدماغ الحديثة أنّ الأطفال المتوحّدين يعالجون الصوت بالفعل بطريقة غير طبيعية[46]. يعتقد ميرزنيتش أنّ القشرة غير المتمايزة تساعد في شرح السبب وراء الصعوبة التي يواجهها هؤلاء الأطفال في التعلُّم، لأنّ الطفل ذا القشرة غير المتمايزة يجد صعوبةً كبرى في تركيز انتباهه. عـــندما يُطلَـــب من طفلٍ متوحِّد أن يركِّز انتباهه على شيء واحد، تراه يختبر إرباكـــاً طنينـــياً متعاظماً - وهو واحدٌ من الأسباب وراء انسحاب الأطفال المـــتوحّدين من العالم في كثيرٍ من الأحيان وعيشهم في قوقعة. يعتقد ميرزنيتش أنّ شـــكلاً أخـــفّ مـــن هـــذه المشكلة نفسها قد يُسهم في اضطّرابات انتباه أكثر شيوعاً.

كان السؤال بالنسبة إلى ميرزنيتش الآن هو: هل يمكن فعل أي شيء لتسوية خـرائط الدماغ غير المتمايزة بعد الفترة الحرجة؟ إذا استطاع هو وفريقه أن يفعلوا ذلك، فبإمكانهم أن يقدِّموا المساعدة للأطفال المتوحِّدين.

باستخدام الضجة البيضاء، قاموا أولاً بإلغاء تمايز الخرائط السمعية للجرذان. ثمّ، بعد حدوث الضرر، قاموا بتسوية الخرائط وجعلها تتمايز من جديد[47]، مستخدمين نغمات بسيطة، واحدة في كل مرة. والواقع أنهم استطاعوا، مع التدريب، أن يصلوا بالخرائط إلى مدىً أعلى من الطبيعي. يقول ميرزنيتش: "وهذا بالضبط هو ما نحاول أن نفعله في الأطفال المتوحّدين". يطوّر ميرزنيتش الآن نسخةً معدَّلة من برنامج فاست فوروورد مصمّمة بصورة خاصة للتوحّد، وهي نسخة محسَّنة ومنقَّحة من البرنامج الذي أفاد لورالي.

ماذا لو كان ممكناً إعادة فتح الفترة الحرجة للّدونة، بحيث يصبح بإمكان الراشدين أن يستوعبوا اللغات كما يفعل الأطفال، أي بمجرّد التعرُّض لها؟ لقد أظهر ميرزنيتش بالفعل أنّ اللدونة تستمرّ في مرحلة الرشد، وأننا نستطيع مع بذل الجهد - من خلال الانتباه الدقيق - أن نجدّد اتصالات أدمغتنا الكهربائية. ولكنه كان يسأل الآن ما إذا كان من الممكن تمديد الفترة الحرجة للتعلُّم العفوي الهيِّن.

إنّ التعلُّم في الفترة الحرجة سهل لأنّ النواة القاعدية خلال تلك الفترة تكون دائماً شغّالة. وهكذا، أعدّ ميرزنيتش وزميله الشاب مايكل كيلغارد تجربةً قاما فيها بتشغيل النواة القاعدية، اصطناعياً، في جرذان بالغة وأعطوها مهام تعلّمية لا تضطرّ فيها إلى الانتباه ولا تتلقّى مكافأة للتعلُّم.

قام ميرزنيتش وكيلغارد بإقحام أقطاب كهربائية مجهرية في النواة القاعدية واستخدما تياراً كهربائياً لجعلها شغّالة. ومن ثمّ عرّضا الجرذان إلى صوت بتردّد 9 هيرتز ليريا إن كانت تستطيع أن تطوِّر بسهولة موقع خريطة دماغية له، كما تفعل جراء الجرذان في الفترة الحرجة. وبعد أسبوع، وجد كيلغارد وميرزنيتش أنّ الجرذان استطاعت أن توسّع خريطة الدماغ **بشكلٍ هائل** لتردّد الصوت المعيّن ذاك. لقد وجدا طريقةً اصطناعية لإعادة فتح الفترة الحرجة في الراشدين[48].

ومن ثمّ استخدما التقنية نفسها لجعل الدماغ يسرِّع وقت المعالجة. عادةً، تستطيع العصبونات السمعية لجرذٍ بالغ أن تستجيب لنغمات بحدّ أقصى يبلغ 12

نبضة في الثانية. وبتنبيه النواة القاعدية، كان من الممكن "تعليم" العصبونات أن تستجيب إلى مُدخلات أسرع على نحوٍ متزايد.

يتيح هذا العمل فرصةً للتعلُّم السريع لاحقاً في الحياة. يمكن تشغيل النواة القاعدية بواسطة قطب كهربائي، أو بالحقن المجهري لمواد كيميائية معينة، أو بواسطة العقاقير. من الصعب أن نتخيّل أنّ الناس لن ينجذبوا – بغضّ النظر عن النتيجة – إلى تكنولوجيا ستجعل إتقان حقائق العلوم أو التاريخ أو المهنة سهلاً نسبياً، بمجرّد تعرُّضهم لها لفترة وجيزة. تخيّل مهاجرين يأتون إلى دولة جديدة، يستطيعون الآن استيعاب لغتها الجديدة بسهولة وبدون لكنة، في غضون بضعة أشهر فقط. تخيّل كيف ستتحوّل حياة الناس الأكبر سناً الذين سُرِّحوا من وظائفهم، إذا أصبحوا قادرين على تعلُّم مهارة جديدة بنفس النشاط الذي كان لديهم في الطفولة. سيتمّ استخدام هذه التقنيات حتماً من قِبَل طلاب المدارس الثانوية والجامعات في دراساتهم وفي امتحانات الدخول التنافسية. (يستخدم العديد من الطلاب بالفعل منبّهات للدراسة دون أن يكونوا مصابين باضطراب نقص الانتباه). من الممكن بالطبع أن تكون مداخلات كتلك لم تتوقّع التأثيرات المعاكسة على الدماغ – هذا عدا عن قدرتنا على ضبط أنفسنا – ولكنها على الأرجح ستكون رائدة في حالات الحاجة الطبية الماسة، التي يكون الناس فيها مستعدّين للمخاطرة. إنّ تشغيل النواة القاعدية قد يفيد مرضى الإصابات الدماغية، الذين لا يستطيع الكثيرون منهم أن يتعلُّموا مجدّداً وظائف القراءة، أو الكتابة، أو الكلام، أو المشي، لأنهم لا يستطيعون أن ينتبهوا بما يكفي.

* * *

أسّس ميرزنيتش شركة جديدة أسماها *Posit Science*، تهدف إلى مساعدة الناس على حفظ لدونة أدمغتهم بينما يتقدّمون في السنّ وعلى إطالة عمرهم العقلي. ميرزنيتش الآن في الحادية والستين من عمره، ولكنه ليس كارهاً لأن يدعو نفسه مُسنّاً. يقول: "أنا أحبّ المسنّين. وقد أحببتهم دوماً. كان الشخص المفضّل لدي هو جدّي لأبي، وهو واحدٌ من الثلاثة أو الأربعة أشخاص الأكثر ذكاءً الذين قابلتهم في حياتي". جاء جدّ ميرزنيتش من ألمانيا في عمر التاسعة على متن واحدةٍ من آخر السفن الشراعية السريعة (القلبر). كان ذاتي التثقُّف، ومهندساً

معمارياً، ومقاول بناء. وقد عاش حتى سنّ التاسعة والسبعين في وقتٍ كان متوسط العمر المتوقّع فيه أقرب إلى الأربعين.

يقـــول ميرزنيتش: "يُقدَّر أنه في الوقت الذي سيموت فيه شخص هو الآن في الخامسة والستين من العمر، سيكون متوسّطُ العمر المتوقّع أواخرَ الثمانين. حسناً، عـــندما تكون في الخامسة والثمانين من العمر، هناك احتمالٌ نسبته سبعة وأربعون بالمـــئة بأنك ستعاني من داء ألزهايمر". يضحك ميرزنيتش ويتابع: "لقد أحدثنا إذاً هـــذه الحالـــة الغريبة التي نُبقي فيها الناس أحياء لفترة طويلة بما يكفي، بحيث إنّ نصفهم تقريباً يعاني من داء ألزهايمر *get the black rock* قبل أن يموت. يجب علينا أن نفعل شيئاً بشأن العمر العقلي، لإطالته بقدر عمر الجسد".

يعـــتقد ميرزنيـــتش أنّ إهمالنا التعلُّم المكثّف أثناء تقدّمنا في السنّ يؤدّي إلى ضعف أنظمة الدماغ التي تعدِّل، وتنظّم، وتضبط اللدونة. وفي استجابة منه لذلك، قام ميرزنيتش بتطوير تمارين دماغية لعلاج الانحدار المعرفي المرتبط بالعمرِ - الانحدار الشائع للذاكرة، والتفكير، وسرعة المعالجة.

تتناقض طريقة ميرزنيتش في معالجة الانحدار العقلي مع علم الأعصاب ذي الاتّجـــاه الـــسائد. هـــناك عشرات الآلاف من أوراق الأبحاث، المؤلّفة بشأن التغيّرات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث في الدماغ الهرم، التي تصف العمليات الـــتي تحـــدث عندما تموت العصبونات. هناك العديد من العقاقير في الأسواق وأخرى كثيرةٌ قيد الإنتاج مصمّمة لإعاقة هذه العمليات ورفع مستويات المواد الكيميائـــية المتناقصة في الدماغ. ومع ذلك، يعتقد ميرزنيتش أنّ هذه العقاقير، الـــتي جـــاوزت مبـــيعاتها المليارات، تزوّد فقط بحوالى أربعة إلى ستة أشهر من التحسُّن.

يقـــول: "وهناك شيء خاطئ فعلاً بشأن كل هذه العقاقير. فهي جميعاً تهمل دور مـــا هـــو مطلـــوب **لتعزيز** المهارات والقدرات الطبيعية... الأمر كما لو أنّ مهاراتك وقدراتك، المكتسبة في الدماغ في عمرٍ صغير، مقدَّرٌ لها أن تتلف مع تلف الـــدماغ الفيزيائـــي". يجادل ميرزنيتش أنّ مقاربة الاتجاه السائد لا تستند إلى فهمٍ حقيقـــي لما يتطلّبه تطوير مهارة جديدة في الدماغ، ولا تهتمّ أبداً بتعزيزها. يقول: "يُعتقَد، وفقاً لهذه المقاربة، أنه إذا تمّ التلاعب بمستويات الناقل العصبـــي الملائم...

فـإنّ الذاكـرة ستُستعاد، والمعرفة ستكون مفيدة، وستبدأ بالتحرُّك كغزالٍ مرةً أخرى".

لا تأخذ مقاربة الاتجاه السائد في الاعتبار ما هو مطلوبٌ للمحافظة على ذاكرة حادة. أحد الأسباب الرئيسية وراء حدوث فقد الذاكرة مع التقدّم في السنّ هو أننا نواجه صعوبةً في **تسجيل** أحداث جديدة في جهازنا العصبي، لأنّ سرعة المعالجة تتباطأ، بحيث إنّ الدقّة، والقوة، والحدّة، التي نفهم بها تنحدر. إذا كنت لا تستطيع أن تسجّل شيئاً بوضوح، فلن تكون قادراً على تذكّره جيداً.

خذ كمثال واحدةً من أكثر مشاكل الشيخوخة شيوعاً، ألا وهي صعوبة إيجاد الكلمات. يعتقد ميرزنيتش أنّ هذه المشكلة تحدث غالباً بسبب الإهمال التدريجي والضمور لجهاز الدماغ الانتباهي والنواة القاعدية، اللذين يجب أن يشتركا من أجل حدوث التغيُّر اللدن. يؤدّي هذا الضمور إلى تمثيلنا الكلام الملفوظ بـ "آثارٍ مخلَّفة مبهمة"، ما يعني أنّ تمثيل الأصوات أو الكلمات ليس حاداً لأنّ العصبونات التي تشفّر هذه الآثار المخلَّفة المبهمة لا تتّقد بالطريقة السريعة المنسّقة الضرورية لإرسال إشارة حادة قوية. ولأنّ العصبونات التي تمثّل الكلام تنقل إشارات مبهمة إلى جميع العصبونات أسفلها ("الإشارات الداخلة والخارجة مشوّشة")، فنحن نجد صعوبةً أيضاً في تذكُّر، أو إيجاد، أو استخدام الكلمات. وهذه المشكلة مشابهة للمشكلة التي رأيناها تحدث في أدمغة الأطفال المصابين بعجزٍ لغوي، الذين يملكون أيضاً "أدمغة ضاجّة".

عندما تكون أدمغتنا "ضاجة"، فإنّ الإشارة لذكرى جديدة لا تستطيع أن تتنافس ضدّ نشاط الدماغ الكهربائي في الخلفية، مُسبِّبةً "مشكلة إشارة-ضجيج *signal-noise*".

يقول ميرزنيتش إنّ الجهاز يصبح أكثر ضجيجاً لسببين. أولاً، وكما يعرف الجميع، لأنّ "كل شيء يذهب تدريجياً إلى الجحيم"، ولكنّ "السبب الرئيسي لازدياد الضجّة هو أنّ الدماغ لم يُدرَّب بشكلٍ ملائم". فالنواة القاعدية التي تعمل بإفراز الأسيتيل كولين - الذي كما قلنا يساعد الدماغ على "الانسجام" وتشكيل ذكريات حادة - قد أُهمِلت كلياً. إنّ مقدار الأسيتيل كولين المُنتَج في النواة القاعدية لشخصٍ يعاني من ضعفٍ معرفي خفيف ليس حتى قابلاً للقياس.

ويتابع ميرزنيتش: "لدينا جميعاً فترة تعلُّم مكثّفة في الطفولة. كل يوم هو يوم معرفة جديدة. ثمّ، في أوائل عملنا، نكون منهمكين بشدة في تعلُّم واكتساب مهارات وقدرات جديدة. وعندما نتقدّم في الحياة أكثر فأكثر، نحن نعمل كمستعملين ذوي مهارات وقدرات مُتقَنة".

سيكولوجياً، تُعتبَر الكهولة غالباً فترة جذّابة لأنها، مع تساوي كل شيء آخر، يمكن أن تكون فترة هادئة نسبياً مقارنةً بالفترات التي قبلها. فأجسامنا لم تعد تتغيّر كما فعلت في مرحلة المراهقة، ونحن أكثر احتمالاً لأن نمتلك إحساساً راسخاً بهويّتنا وأن نكون ماهرين في مهنتنا. نحن لا نزال نعتبر أنفسنا فعّالين، ولكننا نميل لخداع أنفسنا بالتفكير أننا لا نزال نتعلّم كما كنا قبلاً. نحن نادراً ما ننهمك في مهامّ تتطلّب منا أن نركّز انتباهنا بدقّة كما كنا نفعل عندما كنا أصغر سنًّا ونحن نحاول أن نتعلّم مفردات جديدة أو نتقن مهارات جديدة. إنّ نشاطات مثل قراءة الصحيفة، أو ممارسة مهنة لسنوات عديدة، أو تكلُّم لغتنا الأمّ هي في معظمها إعادة استعمال للمهارات المُتقنة، وليست تعلُّماً. وهكذا، حين نبلغ السبعين من العمر، قد لا نكون شغّلنا، منهجياً، أنظمة الدماغ التي تنظّم اللدونة لخمسين سنة.

ولهذا السبب نجد أنّ تعلُّم لغة جديدة في الشيخوخة مفيدٌ جداً لتحسين الذاكرة والمحافظة عليها بشكلٍ عام. فنظراً لما يتطلّبه تعلُّم لغة جديدة من تركيز شديد، فهو يشغّل جهاز التحكّم باللدونة ويبقيه في حالة جيدة للاحتفاظ بذكريات حادة من جميع الأنواع. لا شكّ في أنّ برنامج فاست فورورد مسؤول عن العديد من التحسُّنات العامة في التفكير، ويرجع سبب ذلك جزئياً إلى أنه ينبّه جهاز التحكّم باللدونة ليواصل إنتاجه من الأسيتيل كولين والدوبامين. إنّ أي شيء يتطلّب انتباهاً مركّزاً إلى حدّ كبير سيساعد ذلك الجهاز - تعلّم نشاطات فيزيائية جديدة تتطلّب التركيز، أو حلّ ألغاز منطوية على تحدٍّ، أو إحداث تغيير في المهنة يتطلّب إتقان مهارات ومواد جديدة. إنّ ميرزنيتش نفسه مؤيّد لتعلُّم لغة جديدة في الشيخوخة. يقول: "ستزيد حدة **كل شيء** تدريجياً مرة أخرى، وسيكون هذا مفيداً لك إلى أقصى حدّ".

والأمر نفسه ينطبق على قابلية التحرّك. إنّ مجرّد أداء الرقصات التي تعلّمتها قبل سنوات لن يساعد قشرة دماغك الحركية على البقاء في حالةٍ جيدة. من أجل

أن تُبقي العقل حياً، عليك أن تتعلّم شيئاً **جديداً** بالفعل بتركيز شديد. سيتيح لك هـذا الأمر أن تحتفظ بالذكريات الجديدة وأن تمتلك جهازاً يمكنه أن يصل بسهولة إلى الذكريات القديمة وأن يحافظ عليها.

يعمل العلماء الستّة والثلاثون في شركة *Posit Science* على خمسة مجالات من شـأنها أن تتداعى عندما نتقدّم في السنّ. إنّ الأساس في تطوير التمارين هو إعطاء الـدماغ المنبِّهَ الصحيح، بالترتيب الصحيح، والتوقيت الصحيح لحثّ التغيُّر اللدْن. يتمـثّل جزءٌ من التحدِّي العلمي في إيجاد الطريقة الأكفأ لتدريب الدماغ(49)، من خلال إيجاد وظائف عقلية للتدريب تنطبق على الحياة الواقعية.

أخـبرني ميرزنيـتش أنّ "كل شيء يمكنك أن تراه يحدث في الدماغ الشاب، يمكـن أن يحدث في دماغٍ أكبر سناً". ولكنّ الشرط الوحيد هو أنّ الشخص يجب أن ينال ما يكفي من المكافأة أو العقاب ليستمرّ في الانتباه خلال ما قد يكون، بغير ذلـك، جلـسة تدريب مملّة. وإذا تحقّق هذا الشرط، فإنّ "التغيّرات"، كما يقول ميرزنيتش، "ستكون عظيمةً تماماً بقدر ما هي في طفلٍ حديث الولادة".

طوّرت شركة *Posit Science* تمارين لتذكُّر الكلمات واللغة باستخدام تمارين اسـتماع وألعـاب كمبيوتـر للذاكرة السمعية، شبيهة ببرنامج فاست فورورد، مـصمّمة للراشـدين. بدلاً من إعطاء الناس ذوي الذاكرة المتلاشية قوائم كلمات ليحفظوها، كما تقترح العديد من كتب المساعدة الذاتية، تعمل هذه التمارين على إعـادة بـناء قـدرة الدماغ الأساسية لمعالجة الصوت، بجعل الناس يستمعون إلى أصـوات كلامية مُحسّنة وبطيئة. لا يعتقد ميرزنيتش أنك تستطيع أن تحسّن ذاكرة متلاشية بأن تطلب من الناس القيام بأشياء لا يستطيعون القيام بها. يقول: "نحن لا نريد أن نرفس حصاناً ميّتاً بالتدريب". يقوم الراشدون بتمارين تُحسّن قدرتهم على الـسماع بطريقة لم يسمعوا بها منذ أن كانوا في المهد يحاولون أن يفصلوا صوت والـدهم عـن الضجيج في الخلفية. تزيد التمارين سرعة المعالجة وتجعل الإشارات الأساسـية أقوى، وأكثر حدّة ودقّة، بينما تنبّه الدماغ لإنتاج الدوبامين والأسيتيل كولين.

تقوم الآن جامعات مختلفة باختبار تمارين الذاكرة، مستخدمةً اختبارات ذاكرة موحّدة، وقد نشرت شركة *Posit Science* دراسة الضبط الأولى(50) لها في **أحداث**

الأكاديمية الوطنية للعلوم في أميركا *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. تمّ في هذه الدراسة تدريب راشدين تتراوح أعمارهم بين الستين والسابعة والثمانين على برنامج الذاكرة السمعية بمعدّل ساعة في اليوم، لخمسة أيام في الأسبوع، على مدى ثمانية إلى عشرة أسابيع، أي ما مجموعه أربعين إلى خمسين ساعة تمرين. قبل التدريب، كان متوسّط الأداء للخاضعين للتجربة مثل أداء شخص في السبعين من عمره في اختبارات الذاكرة القياسية. وبعد التدريب، كان أداؤهم مثل أناس تتراوح أعمارهم بين الأربعين والستين. وهكذا، استطاع العديد منهم أن يدير عقارب ساعة ذاكرته إلى الوراء عشر سنوات أو أكثر، وبعضهم أدارها للخلف حوالى خمس وعشرين سنة. وقد استمرّت هذه التحسّنات خلال فترة المتابعة التي استغرقت ثلاثة أشهر. وقامت مجموعةٌ في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، بقيادة وليام جاغست، بعمل مسح *PET* (التصوير المقطعي لانبعاث البوزترون) لأناسٍ "قبل" و"بعد" خضوعهم للتدريب[51]، وتبيّن أنّ أدمغتهم لم تُظهر علامات "الانحدار الأيضي" - الذي تُصبح فيه العصبونات أقلّ نشاطاً بالتدريج - المُشاهَدة نموذجياً في أناسٍ بمثل عمرهم. وقد قارنت الدراسة أيضاً أناساً في الحادية والسبعين من العمر استعملوا برنامج الذاكرة السمعية مع آخرين بمثل عمرهم أمضوا نفس القدر من الوقت يقرأون الصحف، أو يستمعون إلى الكتب الصوتية، أو يلعبون ألعاباً على الكمبيوتر. أظهر أولئك الذين لم يستعملوا البرنامج علامات انحدارٍ أيضي مستمر في فصوصهم الجبهية، بينما لم يُظهر المستخدمون للبرنامج علامات كتلك. عوضاً عن ذلك، أظهر هؤلاء نشاطاً أيضياً متزايداً في فصوصهم الجدارية اليمنى وفي عدد من مناطق الدماغ الأخرى، تلازم مع أداء أفضل في اختبارات الذاكرة والانتباه. تُظهر هذه الدراسات أنّ تمارين الدماغ لا تُبطئ الانحدار المعرفي المرتبط بالعمر فحسب، بل يمكنها أيضاً أن تؤدّي إلى وظيفة محسّنة. ولا تنسَ أنّ هذه التغيّرات قد شوهدت بعد أربعين إلى خمسين ساعةً فقط من التدريب، ما يعني إمكانية حدوث تغيّر أكبر مع زيادة التدريب.

يقول ميرزنيتش إنهم استطاعوا أن يُرجعوا عقارب ساعة الوظيفة المعرفية للناس إلى الوراء، بحيث إنّ ذاكرتهم، وقدراتهم المتعلقة بحلّ المسائل، ومهاراتهم اللغوية هي أكثر شباباً مرة أخرى. يقول: "لقد دفعنا الناس لاسترجاع قدرات

تنطبق على شخص أكثر شباباً بكثير، وكأنما عادوا إلى الوراء عشرين أو ثلاثين سنة. يتصرّف شخصٌ في الثمانين من عمره، وظيفياً، كما لو كان في الخمسين أو الستين". تتوفّر هذه التمارين الآن في ثلاثين مجتمع عيش مستقلّ، وللأفراد من خلال الموقع الإلكتروني لشركة *Posit Science*.

تعمل شركة *Posit Science* أيضاً على تطوير برامج لتحسين المعالجة البصرية. مع تقدّمنا في السنّ، نحن نتوقّف عن الرؤية بوضوح، ليس فقط بسبب ضعف أعيننا، بل أيضاً بسبب ضعف معالجات الرؤية في الدماغ. يُلهَى كبار السنّ بسهولة أكثر ويكونون أكثر عرضةً لفقد السيطرة على "انتباههم البصري". تطوِّر شركة *Posit Science* تمارين كمبيوتر تُبقي الناس مركّزين على المهمة التي بين أيديهم وتسرِّع المعالجة البصرية بالطلب من الخاضعين للتجربة أن يبحثوا عن أشياء شتّى على شاشة الكمبيوتر.

وهناك تمارين للفصوص الجبهية التي تدعم "وظائفنا التنفيذية" مثل التركيز على الأهداف، واستخلاص الأفكار الرئيسية مما نفهمه، واتّخاذ القرارات. تُصمَّم هذه التمارين أيضاً لمساعدة الناس على تصنيف الأشياء، واتّباع التعليمات المعقّدة، وتقوية ذاكرة الترابط، التي تساعد على وضع الناس والأماكن والأشياء في سياقها الصحيح.

تعمل شركة *Posit Science* أيضاً على تعزيز السيطرة الحركية الدقيقة. عندما نتقدّم في السنّ، يتخلّى معظمنا عن مهام مثل الرسم، أو الحياكة، أو العزف على آلات موسيقية، أو أشغال الخشب، لأننا لا نستطيع أن نسيطر على الحركات الدقيقة في أيدينا. إنّ التمارين التي تطوّرها الشركة الآن ستجعل خرائط اليد المضمحِّلة في الدماغ دقيقةً أكثر.

وأخيراً، تعمل الشركة على تعزيز "السيطرة الحركية الإجمالية"، وهي وظيفة تأخذ في الانحدار مع التقدّم في السنّ، مُسبِّبةً فقد التوازن، والميل إلى السقوط، وصعوبات في الحركة. بالإضافة إلى فشل المعالجة الدهليزية، فإنّ هذا الانحدار سببه أيضاً النقص في المعلومات الحسّية من أقدامنا. وفقاً لميرزنيتش، فإنّ الأحذية المُنتعَلة لعقود تحدّ المعلومات الحسّية من أقدامنا إلى أدمغتنا. إذا مشينا حفاة، فإنّ أدمغتنا ستستقبل أنواعاً عديدة مختلفة من المُدخلات لدى مشينا على سطوح غير مستوية.

تُعتبَر الأحذية منصات مستوية نسبياً تنثر المنبِّهات، كما أنّ السطوح التي نمشي عليها هي اصطناعية بازدياد ومستوية إلى حدّ الكمال. وهذا يقودنا إلى إلغاء تمايز الخرائط لباطن أقدامنا ويحدّ الطريقة التي يرشد بها اللمس تحكّمنا بأقدامنا. ونبدأ بعد ذلك باستخدام عصا، أو عكاز، أو هيكل على عجلات، أو نعتمد على حواسّ أخرى لتثبيت أنفسنا. وباللجوء إلى هذه التعويضات بدلاً من تمرين أنظمتنا الدماغية المقصِّرة، نحن نُسرِّع انحدارها.

يتعيّن علينا لدى تقدّمنا في السنّ أن ننظر إلى أقدامنا أثناء نزولنا السلالم أو مشينا على أرضٍ قليلة الاستواء، لأنّ أدمغتنا لا تحصل على معلومات كثيرة من أقدامنا. وبينما كان ميرزنيتش يرافق حماته وهي تنزل سلالم الفيلا، ألحّ عليها أن تتوقّف عن النظر إلى قدميها وأن تبدأ في تحسّس طريقها، كي تصون وتطوّر الخريطة الحسّية لقدميها، بدلاً من أن تتركها تتلاشى.

* * *

بعد أن كرّس سنوات من عمره لتكبير خرائط الدماغ، يعتقد ميرزنيتش الآن أنّ هناك حالات تقتضي تقليص الخرائط بدلاً من تكبيرها. يعمل ميرزنيتش منذ فترة على تطوير ممحاة عقلية يمكنها أن تمحو خريطة دماغ إشكالية. يمكن أن تكون هذه التقنية ذات فائدة عظيمة للناس الذين يعانون من ارتجاعات تلقائية تحدث بعد الصدمة، أو أفكار استحواذية متكرّرة، أو رهاب، أو ارتباطات ذهنية إشكالية. وبالطبع، فإنّ إمكاناتها لإساءة الاستعمال مخيفة.

يستمر ميرزنيتش في تحدّي فكرة أننا عاجزون عن تغيير دماغنا الذي وُلدنا به. يرى ميرزنيتش أنّ بنية الدماغ تتشكّل من خلال تفاعله المستمر مع العالم، وأنّ ما يُشكَّل بالتجربة لا يقتصر فقط على أجزاء الدماغ الأكثر تعرُّضاً للعالم، مثل حواسنا. فالتغيُّر اللدن الناتج عن تجربتنا ينتقل عميقاً إلى داخل الدماغ وفي النهاية إلى جيناتنا، ليشكّلها أيضاً - وهو موضوع سنناقشه لاحقاً.

تقع الفيلا المتوسطية الطراز حيث يقضي ميرزنيتش كثيراً من وقته بين جبال منخفضة. وقد زرع لتوّه كرمه الخاص، ونمشي عبره. وفي الليل تكلّمنا عن سنواته الأولى وهو يدرس الفلسفة، بينما كان أفراد أربعة أجيال من عائلته المفعمة بالحيوية يمازحون بعضهم بعضاً وقد تعالت ضحكاتهم. وعلى الأريكة، تجلس آخر حفيدة

لميرزنيتش، عمرها بضعة أشهر ولا تزال في غمرة العديد من الفترات الحرجة. وهي تجعـــل كـــل من حولها سعيداً لأنها مستمعة جيدة للغاية. يمكنك أن تتحدّث إليها بتودّد وحبّ، وستستمع إليك مبتهجة. وحين تداعب أصابع قدميها، تكون منتبهةً كلياً. وبينما تنظر في أنحاء الغرفة تستوعب كل شيء.

4

اكتساب الأذواق والحبّ

ما تعلِّمنا إياه اللدونة العصبية بشأن الجاذبية الجنسية والحبّ

يُظهر البشر درجةً استثنائيةً من اللدونة الجنسية بالمقارنة مع الكائنات الحيّة الأخرى. نحن نختلف في ما نحبّ أن نفعله مع أزواجنا في الفعل الجنسي. ونختلف أين في أجسادنا نختبر إثارةً وإشباعاً. والأهمّ أننا نختلف في من ننجذب إليه. غالباً ما يقول الناس إنهم يجدون "نوعاً" معيناً جذاباً، وهذه الأنواع تختلف للغاية من شخصٍ إلى شخص.

آخذين بالاعتبار أنّ الجنسانية غريزة، وأنّ الغريزة تُعرَّف تقليدياً بأنها سلوك وراثي خاص بكل نوع، ويتفاوت قليلاً بين فرد وآخر، فإنّ تنوّع أذواقنا الجنسية غريب بالفعل. تقاوم الغرائز التغيير بشكلٍ عام، ويُعتقَد أنّ لها غاية واضحة ثابتة لا تقبل التعديل، مثل البقاء. ومع ذلك، يبدو أنّ "الغريزة" الجنسية البشرية قد انفصلت عن غايتها الجوهرية المتمثّلة في التكاثر، وهي تتنوّع إلى حدّ مربك[1]، كما لا تفعل في بقية الكائنات الحية، التي يبدو أنّ الغريزة الجنسية فيها تهذّب نفسها وتعمل كغريزةٍ بالفعل.

لا يمكن لغريزة أخرى أن تُشبَع دون تحقيق غايتها البيولوجية، ولا توجد غريزة أخرى أكثر انفصالاً عن غايتها من الغريزة الجنسية. أوضح الأنثروبولوجيون أنّ البشرية لم تعرف، لزمنٍ طويل، أنّ الاتّصال الجنسي ضروري للتكاثر. وكان لا

بدّ من تعلُّم "حقيقة الحياة" هذه من قِبَل أسلافنا، تماماً كما يجب أن يتعلّمها الأطفال اليوم. لعلّ هذا الانفصال للغريزة الجنسية عن غايتها الرئيسية هو العلامة المطلقة للّدونة الجنسية.

يبدو معقولاً أن نسأل ما إذا كانت اللدونة الجنسية مرتبطة باللدونة العصبية. أظهرت الأبحاث أنّ اللدونة العصبية ليست محصورة ضمن أقسام معينة في الدماغ ولا هي مقتصرة على مناطق المعالجة المعرفية، والحركية، والحسّية، التي استكشفناها بالفعل. الوِطاء (تحت المهاد) هو تركيب الدماغ الذي ينظّم السلوك الغريزي، بما فيه الجنس، وهو تركيب لدْن. وكذلك هي اللوزة، وهي التركيب الدماغي الذي يعالج العاطفة والقلق[2]. وفي حين أنّ بعض أجزاء الدماغ، مثل القشرة، قد تمتلك إمكانات لدونة أكثر بسبب وجود عدد أكبر من العصبونات والاتصالات التي يمكن تغييرها، إلا أنّ المناطق غير القشريةً تُظهر لدونةً أيضاً. تتّسم جميع أنسجة الدماغ باللدونة. فهي موجودةٌ في الحُصين[3] (المنطقة التي تحوّل ذكرياتنا من ذكريات قصيرة الأمد إلى أخرى طويلة الأمد)، وأيضاً في المناطق التي تسيطر على التنفّس[4]، وتعالج الإحساس البدائي[5]، وتعالج الألم[6]. وأثبت العلماء أيضاً وجود اللدونة في الحبل الشوكي[7]. أظهر الممثّل كريستوفر ريف، الذي عانى من إصابة شوكية وخيمة، لدونة كتلك، عندما تمكّن، من خلال التمرين المستمرّ، أن يستعيد بعض الشعور وقابلية الحركة بعد سبع سنوات من إصابته.

يعبّر ميرزنيتش عن الفكرة أعلاه بهذه الطريقة: "لا يمكنك أن تمتلك لدونة بصورة منعزلة... هذا شيء مُتعذِّرٌ تماماً". وقد أظهرت تجاربه أنه إذا تغيّر واحدٌ من أنظمة الدماغ، فإنّ الأنظمة المتّصلة به تتغيّر أيضاً[8]. تنطبق "قواعد اللدونة" نفسها – استعمله أو اخسره، أو العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً – على كامل أجزاء الدماغ، ما يجعل مناطق الدماغ المختلفة قادرةً على العمل معاً.

هل قواعد اللدونة نفسها التي تنطبق على خرائط الدماغ في القشَر اللغوية، والحركية، والحسّية، تنطبق أيضاً على الخرائط الأكثر تعقيداً، مثل تلك التي تمثّل علاقاتنا، جنسية أو غيرها؟ أظهر ميرزنيتش أيضاً أنّ خرائط الدماغ المعقّدة تحكمها نفس مبادئ اللدونة التي تحكم الخرائط الأبسط. فالحيوانات المعرَّضة لنغمة بسيطة ستطوّر منطقة خريطة دماغ مفردة لتعالجها. والحيوانات المعرَّضة لنمطٍ معقّد، مثل

لحنٍ من ستّ نغمات، لن تقوم بمجرد ربط ستّ مناطق خرائط مختلفة، بل ستطوّر منطقةً تُشفّر اللحن **بأكمله**. تخضع خرائط اللحن الأكثر تعقيداً هذه لنفس مبادئ اللدونة التي تخضع لها خرائط النغمات المفردة[9].

كتب فرويد: "**إنّ الغرائز الجنسية ملحوظة** بالنسبة إلينا بسبب لدونتها، وقدرتها على تغيير أهدافها"[10]. لم يكن فرويد أول من جادل بأنّ الجنسانية لدْنة - جادل أفلاطون، في حواره الروائي عن الحبّ، بأنّ الحبّ البشري اتّخذ أشكالاً عديدة[11] - ولكنّ فرويد وضع الأساس لفهمٍ علمي عصبي للّدونة الجنسية والرومانسية.

إحدى أهمّ مساهمات فرويد كانت اكتشاف الفترات الحرجة للّدونة الجنسية. جادل فرويد بأنّ قدرة الراشدين على الحبّ حميمياً وجنسياً تتكشّف في مراحل، وتبدأ في التعلّق العاطفي الأول للطفل الصغير بوالديه. أدرك فرويد من مرضاه، ومن ملاحظة الأطفال، أنّ الطفولة المبكرة، وليس البلوغ، هي الفترة الحرجة الأولى للجنسانية والعلاقات الحميمة، وأنّ الأطفال قادرون على الإحساس بمشاعر عاطفية جنسية بدائية. اكتشف فرويد أنّ الانتهاك الجنسي للأطفال مؤذ لأنه يؤثّر في فترة الجنسانية الحرجة في الطفولة، مشكّلاً انجذاباتنا وأفكارنا بشأن الجنس لاحقاً في الحياة. الأطفال بحاجة إلى العاطفة وهم يطوِّرون نموذجياً تعلُّقاً عاطفياً بآبائهم. إذا كان الوالد (أباً أو أماً) ودوداً، ولطيفاً، وموثوقاً، فإنّ الطفل سيطوِّر على نحوٍ متكرّر ذوقاً لعلاقة من ذلك النوع لاحقاً. وإذا كان الوالد متحرّراً من التزاماته، أو فاتراً، أو متجافياً، أو منهمكاً في شؤونه الذاتية، أو عصبياً، أو متناقضاً، أو متقلّباً، فقد يبحث الطفل عن شريك حياة لديه ميول مشابهة. هناك استثناءات بالطبع، ولكنّ قدراً كبيراً من الأبحاث يؤكّد الآن بصيرة فرويد الأساسية بأنّ أنماط الارتباط والتعلّق الأولى بالآخرين، إذا كانت إشكالية، يمكن أن تصبح "ثابتةً" في أدمغتنا في مرحلة الطفولة وتتكرّر في مرحلة الرشد[12].

صيغت فكرة الفترة الحرجة في نفس الوقت تقريباً الذي بدأ فرويد يكتب فيه عن الجنس والحبّ، وذلك بواسطة علماء أجنّة لاحظوا أنّ الجهاز العصبي في الجنين يتطوّر على مراحل، وأنه إذا تشوّشت هذه المراحل، فإنّ الحيوان أو الشخص سيُؤذَى مدى الحياة على نحوٍ كارثيّ غالباً[13]. ورغم أنّ فرويد لم يستخدم

مصطلح الفترة الحرجة، إلا أنّ ما قاله بشأن المراحل الأولى للتطوُّر الجنسي يتطابق مـع مـا نعرفه عن الفترات الحرجة. هي نوافذ زمن وجيزة تتطوّر خلالها خرائط وأنظمة دماغية جديدة بمساعدة التنبيهات من الناس في محيط المرء[14].

يمكـن رؤيـة آثار عواطف الطفولة في حبّ وجنسانية الراشدين من خلال ملاحظة سلوكهم اليومي. عندما يداعب حبيبان بعضهما بعضاً بلطف، أو يعبّران عن هيامهما ببعضهما بعضاً، فهما غالباً ما يدعوان بعضهما بعضاً بألفاظ محبّبة مثل "حبيبـي" أو "حياتي". يستخدم الراشدون ألفاظاً تحبُّبية كانت أمهم تخاطبهم بها عندما كانوا أطفالاً، مثل "روحي"، و"قلبـي"، وهي ألفاظ تستحضر أشهر الحياة الأولى حـين كانـت الأمّ تُعبِّر عن حبها لطفلها بإطعامه ومعانقته والتحدّث إليه بـتودّد وحـبّ - مـا يدعوه فرويد المرحلة اللفظية، وهي الفترة الحرجة الأولى للجنـسانية، وجوهر ما لُخِّص في كلمتَي "التنشئة" و"التغذية" - العناية العطوفة، والحبّ، والتغذية. يشعر الطفل أنه مندمجٌ مع الأمّ، وتتطوّر ثقته بالآخرين بينما يتمّ حمله وتغذيته بالطعام السكّري والحليب. إنّ كل ما يلقاه الرضيع من حبّ ورعاية وغـذاء يرتبط ذهنياً في العقل ويتّصل معاً في الدماغ في تجربتنا المشكّلة (التقويمية) الأولى بعد الولادة.

عندما يتحدّث الراشدون حديث تحبُّب، مستخدمين كلمات مثل "حبيبـي" و"قلبـي" لمخاطـبة بعـضهم بعضاً، وإعطاء حديثهم نكهة لفظية، فهم، وفقاً لفـرويد، "ينكفئون"، منتقلين من حالات ربط عقلية تامةّ النموّ إلى مراحل حياة أبكـر. وبلغـة اللدونـة، فأنا أعتقد أنّ انكفاءً كهذا يشتمل على كشف ممرّات عـصبونية قديمـة تقـوم حينئذ باستحثاث كل الارتباطات الذهنية لتلك المرحلة الأبكر. يمكن أن يكون الانكفاء ساراً وعديم الأذى، كما في مداعبة الراشدين، أو يمكـن أن يكـون إشكالياً، كما حين يتمّ كشف ممرات عدوانية طفولية وتنتاب الراشد نوبة عصبية مزاجية[15].

أظهـر فرويد أنّ العديد من الألغاز الجنسية يمكن أن تُفهَم كتثبيتات في الفترة الحـرجة. لم نعد نتفاجأ، بعد فرويد، بأنّ الفتاة التي تركها أبوها طفلةً تبحث عن رجـال كبار السن بما يكفي ليكونوا بمثابة أب لها، وأنّ الناس الذين ربّتهم أمهات كملكـات الجليد يبحثون غالباً عن أناسٍ مثل أمهاتهم ليكونوا أزواجاً لهم، وأحياناً

يـــصبحون هم أنفسهم "جليديين"، لأنّ جزءاً كاملاً من أدمغتهم عجز عن النموّ بسبب عدم اختبارهم لأية مشاركة وجدانية في الفترة الحرجة. ويمكن تفسير العديد مـــن الانحـــرافات الجنسية بلغة اللدونة واستمرار تضاربات الطفولة. ولكنّ النقطة الرئيـــسية هـــي أنـــنا نستطيع في فتراتنا الحرجة أن نكتسب أذواقاً وميولاً جنسية ورومانسية تصبح دوائرها الكهربائية مُثبّتةً في أدمغتنا ويمكن أن يكون لها تأثيرٌ قوي عليـــنا لبقـــية حياتنا. وحقيقة أننا يمكن أن نكتسب أذواقاً جنسية مختلفة تُسهم في الاختلاف الجنسي الهائل بيننا.

إنّ فكـــرة أنّ الفترة الحرجة تساعد في تشكيل الرغبة الجنسية في الراشدين تتناقض مع الجدال الدائر اليوم بأنّ ما يجذبنا هو نتاج بيولوجيتنا المشتركة أكثر مما هـــو نـــتاج تاريخنا الشخصي. هناك أناسٌ معيّنون - مثل عارضات الأزياء ونجوم الـــسينما - يُعتـــبرون جميلين أو جذّابين على نطاق واسع. ويعلّمنا فرعٌ معين من البيولوجيا أنّ هؤلاء الناس جذّابون لأنهم يُظهرون علامات بيولوجية تدلّ على بنية قـــوية تَعِـــد بالخصوبة والقوة: فالبشرة الصافية والملامح المتناسقة تعني خلوّ شريك الحياة المرتقب من المرض؛ وقوامٌ بشكل الساعة الرملية هو دليل على خصوبة المرأة؛ وعضلات الرجل تتوقع بأنه سيكون قادراً على حماية المرأة وأطفالها.

ولكـــنّ هـــذا يبـــسِّط ما تعلّمنا إياه البيولوجيا فعلياً. لا يقع الجميع في حبّ الجـــسد، كما عندما تقول امرأةٌ، "لقد أدركت عندما سمعت **ذلك** الصوت لأول مرة، أنه لي"، حيث موسيقى الصوت هي ربما دلالة أفضل على روح الرجل مما هو سطح جسده. من الواضح أنّ الذوق الجنسي يتأثّر بالثقافة والتجربة ويتمّ اكتسابه غالباً ومن ثمّ تُثبَّت دوائره الكهربائية في الدماغ.

وفقاً للتعريف، فإنّ "الأذواق المكتسبة" هي مُكتسَبَةٌ بالتعلُّم، خلافاً "للأذواق" الـــتي هي فطرية. لا يحتاج الطفل الرضيع إلى اكتساب ذوق للحليب، أو الماء، أو الحلـــوى، لأنّ هذه الأشياء تُدرَك على الفور بأنها سائغة. يختبر الناس بداية الأذواق المكتسبة كارهين أو لامبالين ولكنها تصبح لاحقاً سائغة - روائح الجبن، والقهوة، وفطائر اللحم أو السمك. إنّ العديد من الأطعمة الشهية التي يدفع الناس أثماناً غالية لأجلـــها، والـــتي لا بدّ أنهم "طوّروا ذوقاً لها"، هي نفس الأطعمة التي كانت تثير اشمئزازهم أطفالاً.

إنّ العديـــد مـــن الأذواق التي نحسبها "طبيعية" هي مكتسبة بالتعلُّم وتصبح "طبـــيعةً ثانـــية" لـــنا. نحن غير قادرين على التمييز بين "طبيعتنا الثانية" و"طبيعتنا الأصـــلية" لأنّ أدمغتنا المتّسمة باللدونة العصبية، ما إن تُجدّد اتصالاتها الكهربائية، حتى تطوِّر طبيعة جديدة، بيولوجية تماماً بقدر طبيعتنا الأصلية.

* * *

تُـــشكّل الفتـــرات الحرجة الأساس لميولنا الجنسية، ولكنّ الوقوع في الحبّ في مرحلة المراهقة أو ما بعدها يزوِّد بفرصة لجولةٍ ثانية من التغيُّر اللدْن الضخم. ستندهال هـــو روائي وكاتب مقالات في القرن التاسع عشر، وقد فهم أنّ الحبّ يمكن أن يؤدّي إلى تغيّرات جذرية في الانجذاب. يستحثّ الحبّ الرومانسي عاطفةً قوية للغاية يمكن أن تعـــيد تشكيل ما نجده جذاباً، متغلّبةً حتى على الجمال "المحسوس". يصف ستندهال في كـــتابه **حول الحبّ** *On Love*، شاباً يُدعى ألبريك يلتقي امرأةً أكثر جمالاً من حبيبته. ومـــع ذلك، فإنّ ألبريك يكون أكثر انجذاباً لحبيبته مما هو لتلك المرأة لأنّ حبيبته تعده بسعادة أكثر بكثير. يُسمّي ستندهال هذه الحالة "الجمال المخلوع بالحب". يملك الحبّ قـــوة كبيرة لتغيير الانجذاب بحيث إنّ ألبريك يُثار بعيب ثانوي على وجه حبيبته، عبارة عن أثرٍ صغير لبثرة جدري. وهو يثيره لأنه "اختبر عواطف كثيرة جداً في حضور ذلك الأثر، وهي عواطف رائعة في معظمها وذات شوق مستحوذ للغاية، بحيث إنّ عواطفه، بغضّ النظر عن نوعها، يُعاد تجديدها بحيوية لا تُصدَّق لدى رؤيته لهذه العلامة، حتى لو رآها على وجه امرأة أخرى... وفي هذه الحالة يُصبح القبح جمالاً[16]".

يمكـــن لـــتحوُّل الذوق هذا أن يحدث لأننا لا نقع في الحبّ من خلال المظهر فقـــط. عندما نجد شخصاً آخر جذاباً، فإنّ هذا، تحت الظروف الطبيعية، يمكن أن يـــستحثّ استعداداً للوقوع في الحب، ولكنّ شخصية ذلك الشخص وحشداً من الـــصفات المميّزة، بما فيها قدرته على جعلنا نشعر بشعور جيد تجاه أنفسنا، تُبلور عملـــية الوقـــوع في الحبّ. ومن ثمّ يستحثّ الوقوع في الحبّ حالةً عاطفيةً سارة للغاية بحيث إنها يمكن أن تجعل آثار البثرات جذّابة، معيدة تشكيل إحساسنا الجمالي بشكلٍ لدْن. إليكم الطريقة التي أعتقد أنها تعمل بها.

تمّ في العـــام 1950 اكتشاف "مراكز اللذة" في الجهاز الحوفي، وهو جزءٌ من الدماغ يشترك بكثافة في معالجة العاطفة[17]. في تجارب الدكتور روبرت هيث على

البشر - تمّ ازدراع قطب كهربائي في المنطقة الحاجزية من الجهاز الحوفي وتشغيله - اختبر الخاضعون للتجربة نشوةً غايةً في القوة بحيث إنه عندما حاول الباحثون إنهاء التجربة، توسّل إليهم أحد المرضى أن لا يفعلوا. اتّقدت المنطقة الحاجزية أيضاً عند مناقشة مواضيع سارة مع المرضى وأثناء النشوة. تبيّن أنّ مراكز اللذة هذه هي جزءٌ من جهاز المكافأة في الدماغ، وهو جهاز الدوبامين الحوفي الأوسط. وفي العام 1954، قام جيمس أولدز وبيتر ميلنر بإقحام أقطاب كهربائية في مركز اللذة لحيوان أثناء تعليمه لمهمّة، ووجدا أنّ الحيوان تعلّم المهمّةً بسهولةٍ أكثر لأنّ التعلُّم بدا ممتعاً جداً وتمت مكافأته.

عندما يتمّ تشغيل مراكز اللذة، فإنّ كل شيء نختبره يُشعرنا بالابتهاج. يخفض الوقوع في الحبّ العتبة التي ستتّقد عندها مراكز اللذة[18]، مُسهِّلاً تشغيلها، وهو ما يجعل أي شيء نختبره رائعاً للغاية.

عندما يقع شخصٌ في الحبّ، فهو يدخل حالةً حماسية ويكون متفائلاً بشأن كل شيء، لأنّ الوقوع في الحب، كما ذكرنا، يخفض عتبة الاتّقاد لجهاز اللذة **الاشتهائي**، وهو الجهاز الدوباميني الأساس المرتبط بلذّة توقُّع شيء نرغب فيه. يفيض العاشق بازدياد بتوقُّعٍ مفعمٍ الأمل ويكون حسّاساً لأي شيء يمكن أن يمنحه السرور - فالزهور والنسمات المنعشة تلهمه، والإيماءة الصغيرة ولكن اللطيفة تجعله يبتهج بكل الجنس البشري. أُطلق أنا على هذه العملية اسم "العولمة"[19].

تكون العولمة شديدة عند الوقوع في الحب، وهي، وفقاً لاعتقادي، أحد الأسباب الرئيسية وراء كون الحب الرومانسي عاملاً محفِّزاً قوياً لإحداث تغيُّر لدْن. نظراً لأنّ مراكز اللذة تتّقد بحرِّية تامة، فإنّ الشخص المتيَّم لا يقع في حبّ حبيبه فقط، بل أيضاً في حبّ العالم كله ويجعل نظرته إليه رومانسية. وبما أنّ أدمغتنا تختبر جيشاناً في إفراز الدوبامين، الذي يعزّز التغيّر اللدن، فإنّ أية ارتباطات ذهنية وتجارب سارة تكون لدينا في الحالة الأولى للحب يتمّ بالتالي تثبيت دوائرها الكهربائية في أدمغتنا.

لا تتيح لنا العولمة فقط أن نجد المزيد من المتعة والسرور في العالم، ولكنها تجعل اختبارنا للألم أو الاستياء أو البغض أمراً صعب الحدوث. بيّن هيث أنه عندما تتّقد مراكز اللذّة لدينا، يكون من الأصعب على مراكز البغض والألم المجاورة أن

تتّقد أيضاً[20]. فالأشياء التي كانت تزعجنا عادةً لا تثير استياءنا الآن. نحن نحبّ أن نقع في الحبّ ليس فقط لأنّ ذلك يجعلنا سعداء بسهولة، بل لأنه يجعل اختبارنا للتعاسة أمراً بعيد الاحتمال.

تتيح لنا العولمة أيضاً فرصةً لتطوير أذواق جديدة في ما نجده جذّاباً، مثل أثر بثرة الجدري التي منحت ألبريك سروراً عظيماً. إنّ العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً، والشعور بالابتهاج في حضور هذا الأثر غير الجذّاب عادةً، يجعل دوائره الكهربائية تثبت في الدماغ كمصدرٍ للابتهاج.

ولكنّ آلام الحب لها كيمياء أيضاً. عندما يبتعد الحبيبان عن بعضهما بعضاً لفترة طويلة جداً، ينهاران ويختبران عذاب البعد، ويتوقان للحبيب، ويصبحان قلقَين، ويشكّان بأنفسهما، ويفقدان نشاطهما، ويشعران بالإرهاق إن لم يكن الاكتئاب. ومثل علاجٍ بسيط، فإنّ رسالةً عادية، أو إلكترونية، أو هاتفية من الحبيب تزوّد بجرعة فورية من النشاط. وإذا افترقا، يصيبهما الاكتئاب. إنّ هذه الأعراض - الذروة، الانهيار، التوق، عذاب البعد، العلاج - هي علامات ذاتية للتغيّرات اللدنة التي تحدث في بنية أدمغتنا بينما تتكيّف مع حضور أو غياب الحبيب.

يمكن أن ينشأ احتمالٌ (تقبُّل) في حبيبين سعيدين عندما يعتادان أحدهما على الآخر، مشابهٌ للاحتمال (التقبُّل) الذي يطوّره الجسم لعقار معين. يحبّ الدوبامين الجِدَّة. عندما يطوّر حبيبان احتمالاً (تقبُّلاً) أحدهما للآخر ويفقدان الذروة الرومانسية التي كانت لديهما في ما مضى، فإنّ التغيّر قد لا يكون دلالة على أنّ أياً منهما هو غير ملائم أو مضجر، بل قد يدلّ على أنّ دماغيهما اللدنين قد تكيفا جيداً أحدهما مع الآخر بحيث بات من الصعب عليهما أن يحصلا على نفس النشوة التي كانا يحصلان عليها في ما مضى من بعضهما بعضاً[21].

لحسن الحظ أنّ العاشقين يمكنهم أن ينبّهوا الدوبامين في أدمغتهم، مُبقين الذروة حيّة، بإدخال الجِدَّة في علاقتهم. عندما يذهب زوجان في إجازة رومانسية أو يجرّبان نشاطات جديدة معاً، أو يرتديان أنواعاً جديدة من الثياب، أو يفاجئ أحدهما الآخر، فهما يستخدمان الجِدَّة لتشغيل مراكز اللذّة، بحيث إنّ كل شيء يختبرانه يثيرهما ويسرّهما. وما إن يتمّ تشغيل مراكز اللذّة وتبدأ العولمة، فإنّ الصورة

الجديدة للحبيب تصبح مرةً أخرى مرتبطة بمسرّات غير متوقّعة ويتمّ تثبيت دوائرها الكهربائية بشكلٍ لدن في الدماغ، الذي قد تطور ليستجيب للجدَّة. لا بدّ أن نتعلّم إذا أردنا أن نشعر أننا أحياء بالكامل، وعندما تصبح الحياة (أو الحب) مُتوقّعةً جداً ويبدو أنه لم يعد هناك الكثير لنتعلّمه، يصيبنا التململ والضجر؛ لعلّه احتجاج من الدماغ اللدن عندما لا يعود بإمكانه أن يؤدّي مهمته الأساسية.

يُحدث الحب حالةً عقلية سخيّة. نظراً لأنّ الحب يتيح لنا أن نختبر حالات معينة أو ملامح جسدية كأشياء سارة ما كنا لنختبرها على هذا النحو بدونه، فهو يتيح لنا أيضاً أن ننسى الارتباطات الذهنية السلبية، وهي ظاهرة لدنة أخرى.

إنّ علم النسيان هو علمٌ جديد جداً. ولأنّ اللدونة تنافسية، فإنّ الشخص عندما يطوِّر شبكةً عصبية، فهي تصبح فعالةً ومكتفية ذاتياً، ومثل العادة، يصبح من الصعب نسيانها. تذكّر أنّ ميرزنيتش كان يبحث عن "ممحاة" لتساعده في تسريع التغيُّر ونسيان العادات السيئة.

يشتمل التعلّم والنسيان على عمليات كيميائية مختلفة. عندما نتعلّم شيئاً جديداً، فإنّ العصبونات تتّقد معاً وتتّصل معاً، وتحدث عملية كيميائية عند المستوى العصبي تُعرَف باسم "الكمونية الطويلة الأمد"، أو *LTP*، التي تقوّي الاتصالات بين العصبونات. وعندما ينسى الدماغ الارتباطات ويقطع الاتصالات بين العصبونات، تحدث عملية كيميائية أخرى تُعرف باسم "الاكتئاب الطويل الأمد"، أو *LTD* (والتي لا علاقة لها بتاتاً بحالة المزاج المكتئب). إنّ النسيان وإضعاف الاتصالات بين العصبونات هو عملية لدنة تماماً ومهمة تماماً بقدر التعلّم وتقوية الاتصالات بين العصبونات. إذا قمنا فقط بتقوية الاتصالات، فإنّ شبكاتنا العصبونية ستتشبّع. يقترح الدليل أنّ نسيان الذكريات الموجودة بالفعل يُعتبَر ضرورياً لإفساح المجال لذكريات جديدة في شبكاتنا[22].

النسيان أساسي أثناء انتقالنا من مرحلة تطوُّرية إلى أخرى. على سبيل المثال، عندما تغادر فتاةٌ في نهاية مرحلة المراهقة بيت والديها وتذهب إلى الجامعة في مدينة أخرى، فستختبر هي ووالداها على حدّ سواء حزناً وتغيُّراً لدناً ضخماً، مع تغيير كلّ منهم لعاداته العاطفية القديمة، وأعماله الروتينية، وانطباعاته الذاتية.

إنّ الوقوع في الحبّ للمرة الأولى يعني أيضاً دخول مرحلة تطوُّرية جديدة ويتطلّب قدراً كبيراً من النسيان. عندما يلتزم الناس تجاه بعضهم بعضاً، فلا بدّ لهم من أن يغيّروا جذرياً نواياهم القائمة والأنانية غالباً وأن يعدّلوا جميع الارتباطات الأخرى، من أجل أن يدمجوا الشخص الجديد في حياتهم. تشتمل حياتهم الآن على تعاون مستمر يتطلّب تنظيماً لدناً لمراكز الدماغ التي تعالج العواطف، والجنسانية، والذات. لا بدّ من إزالة الملايين من الشبكات العصبية واستبدالها بأخرى جديدة؛ وهو أحد الأسباب وراء شعور العديد جداً من الناس بأنّ الوقوع في الحب يبدو مثل فقدان للهويّة. كما أنّ الوقوع في الحبّ قد يعني نسيان حبٍّ سابق؛ وهذا أيضاً يتطلّب نسياناً عند المستوى العصبي.

ينفطر قلب الرجل بحبه الأول عند فسخ الخطوبة. هو ينظر إلى نساء كثيرات، ولكنهن جميعاً يبهتن بالمقارنة مع الخطيبة التي اعتقد بأنها حبه الحقيقي والتي لا تفارقه صورتها. هو لا يستطيع أن ينسى نمط الانجذاب إلى حبه الأول. والمرأة التي أصبحت أرملة بعد زواج دام عشرين سنة ترفض الارتباط مجدداً، وتستاء من فكرة "استبدال" زوجها. وتمرّ السنوات، وتخبرها صديقاتها بأنّ الوقت قد حان لتتابع حياتها من جديد، ولكن دون جدوى.

لا يستطيع مثل هؤلاء الناس غالباً أن يتابعوا حياتهم لأنهم لا يستطيعون بعد أن يحزنوا. إنّ فكرة الحياة بدون الشخص الذي أحبوه مؤلمةٌ جداً إلى حدّ عدم الاحتمال. وبلغة اللدونة العصبية، إذا أراد الرجل الرومانسي أو الأرملة أن يبدأ علاقة جديدة بدون متاع، فلا بدّ لكل منهما أولاً أن يجدّد الاتصالات الكهربائية لمليارات الاتصالات في دماغه. يشير فرويد إلى أنّ تأثير الحداد تدريجي[23]. فرغم أنّ الحقيقة تخبرنا أنّ من نحبّ قد رحل، إلا أنّ "أوامرها لا يمكن أن تُطاع على الفور". نحن نحزن بأن نسترجع ذكرى واحدة في كل مرة، نعيشها من جديد، ثم ندعها تذهب. وعلى مستوى الدماغ، نحن نشغّل كلّ شبكة من الشبكات العصبية التي تم وصلها معاً لتشكّل إدراكنا للشخص، مختبرين الذكرى بحيوية استثنائية، ثم نقول وداعاً لكل شبكة على حدة. **يعلّمنا** الحزن أن نعيش بدون الشخص الذي أحببناه، وتكمن صعوبة هذا الدرس في أننا يجب أولاً أن **ننسى** فكرة أنّ ذلك الشخص موجود ولا يزال بالإمكان الاعتماد عليه.

كـان والتر ج. فريمان، وهو بروفيسور علم أعصاب في بيركلي، أول من جادل بأنّ هناك صلةً بين الحبّ والنسيان الضخم. وقد جمع عدداً من الحقائق البيولوجية المقنعة التي تشير باتجاه الاستنتاج القائل بأنّ إعادة التنظيم العصبونية الضخمة تحدث في مرحلتين من حياتنا: عندما نقع في الحب، وعندما نبدأ بممارسة الأبوّة. يجادل فريمان بأنّ إعادة تنظيم الدماغ اللدنة الضخمة - أكثر ضخامة بكثير مما هي في التعلّم الطبيعي أو النسيان - تصبح ممكنة بسبب معدِّل عصبي دماغي.

تختلف المعدِّلات العصبية عن الناقلات العصبية. ففي حين أنّ الناقلات العصبية يتمّ إطلاقها في المشابك لتثير أو لتكبح العصبونات، فإنّ المعدِّلات العصبية تعزّز أو تُضعف الفعالية **الإجمالية** للاتصالات المشبكية وتُحدث تغيُّراً دائماً. يعتقد فريمان بأننا عندما نلتزم في الحبّ، فإنّ المعدِّل العصبي الدماغي أوكسيتوسين يتمّ إطلاقه، متيحاً للاتصالات العصبونية القائمة أن تتلاشى بحيث يمكن للتغيُّرات على نطاق أوسع أن تتبع.

يُطلَق على الأوكسيتوسين أحياناً اسم المعدِّل العصبي الالتزامي لأنه يعزّز الارتباط في الثدييات. وهو يُطلَق أثناء هزّة الجماع في كلا الزوجين[24] وعندما يمارس الزوجان أبوّتهما ويُنشِّئا أطفالهما. وفي النساء، يُطلَق الأوكسيتوسين أثناء المخاض والإرضاع. تُظهر دراسة *fMRI* أنه عندما تنظر الأمهات إلى صور أطفالهن الفوتوغرافية، فإنّ مناطق الدماغ الغنية بالأوكسيتوسين يتمّ تنشيطها[25]. وفي ذكور الثدييات، يتمّ إطلاق معدِّل عصبي قريب الصلة جداً بالأوكسيتوسين يُدعَى فاسوبرسين عندما يصبحون آباءً. إنّ العديد من الشباب الذين يشكّون في أنهم سيكونون قادرين على تحمّل مسؤوليات الأبوّة هم غير مدركين للمدى الذي يمكن للأوكسيتوسين أن يبلغه في تغيير أدمغتهم، متيحاً لهم أن يكونوا أهلاً لهذه المهمة.

أظهرت دراسات أُجريت على حيوان أحادي الزواج يُدعَى الفَوْل (فأر الحقل) أنّ الأوكسيتوسين، الذي يُطلَق عادةً في دماغ الحيوان أثناء التزاوج، يجعل الذكر والأنثى يقترنان مدى الحياة. وإذا حُقن دماغ أنثى الفَوْل بالأوكسيتوسين، فستقترن مدى الحياة مع ذكر مجاور. وإذا حُقن ذكر الفَوْل بالفاسوبرسين، فسيقترن مع أنثى مجاورة. يبدو أيضاً أنّ الأوكسيتوسين يربط الأطفال بالآباء، وقد يكون للعصبونات التي تتحكّم بإفرازه فترةٌ حرجة خاصة بها. غالباً ما يعاني

الأطفـــال الذين نشأوا في دُور أيتام بدون اتصال عاطفي حنون من مشاكل ارتباط عندما يكبرون، حيث تبقى مستويات الأوكسيتوسين لديهم منخفضة لعدة سنوات بعد تبنّيهم من قِبَل عائلات محبّة[26].

وفي حـــين أنّ الـــدوبامين يستحثّ الاهتياج، ويجعلنا نفيض نشاطاً، ويسبّب الإثارة الجنسية، فإنّ الأوكسيتوسين يستحثّ مزاجاً هادئاً دافئاً يزيد المشاعر الحنونة والارتباط وقد يقودنا إلى خفض احتراسنا. تُظهر دراسةٌ حديثة أنّ الأوكسيتوسين يـــستحثّ الثقة أيضاً. عندما يشمّ الناس الأوكسيتوسين ومن ثمّ يشتركون في لعبة مالـــية، يكونون أكثر ميلاً لأن يأتمنوا الآخرين على أموالهم[27]. ورغم أنه لا يزال هناك الكثير من العمل اللازم إنجازه في ما يتعلق بدراسة الأوكسيتوسين في البشر، إلا أنّ الدليل يقترح أنّ تأثيره مشابه لذاك في فئران الحقل: هو يجعلنا نلتزم بشركائنا ونكرّس أنفسنا لأطفالنا[28].

ولكـــنّ الأوكـــسيتوسين، وفقاً لما يعتقده فريمان، يعمل بطريقة فريدة ترتبط بالنـــسيان. ففي النعاج، يُطلَق الأوكسيتوسين في البصلة الشمّية، وهو جزء الدماغ المـــشترِك في إدراك الـــرائحة، مـــع كـــل بطنٍ جديد. ترتبط النعاج والعديد من الحيوانات الأخرى مع صغارها من خلال الرائحة. ترعى النعجة حملانها وتنبذ غير المألـــوف منها. ولكن إذا حُقنت نعجةٌ أمّ بالأوكسيتوسين وهي معرَّضةٌ لحملٍ غير مألوف، فسترعى الحمل الغريب أيضاً[29].

ومـــع ذلك، فإنّ الأوكسيتوسين لا يُطلَق مع البطن الأوّل، بل فقط مع تلك الـــبطون التي تليه، وهو ما اقترح لفريمان أنّ الأوكسيتوسين يلعب دور **محو** الدوائر الكهـــربائية العصبية التي ربطت الأمّ مع بطنها الأوّل، كي تتمكّن من الارتباط مع الثاني. (يظنّ فريمان أنّ الأمّ ترتبط مع بطنها الأوّل باستخدام مواد كيميائية عصبية أخـــرى[30]). إنّ "قـــدرة" الأوكسيتوسين على محو السلوك المتعلّم قد قادت بعض العلمـــاء إلى تـــسميته الهرمون النسياني[31]. يقترح فريمان أنّ الأوكسيتوسين يبدِّد تدريجـــياً اتـــصالات عصبونية قائمة تشكّل الأساس لارتباطات قائمة، بحيث يمكن تـــشكيل ارتـــباطات جديدة[32]. ووفقاً لهذه النظرية، فإنّ الأوكسيتوسين لا يعلّم الأبـــوين ممارسة الأبوّة، ولا هو يعلّم العاشقين التعاون واللطف. ولكنه، بدلاً من ذلك، يمكّنهم من تعلُّم أنماط جديدة.

هناك بعض الخلاف بشأن فكرة أنّ الأوكسيتوسين مسؤول كلّيةً عن هذه الدفعة الجديـــدة من التعلُّم، أو عن التغيُّرات في ارتباطاتنا القائمة، أو الكيفية التي قد يسهِّل بها هذه التغيُّرات. يجادل عالم الأعصاب جاك بانكسيب بأنّ الأوكسيتوسين، مجموعاً مع مـــواد كيميائية دماغية أخرى، جيدٌ على نحو ساحق في تقليل مشاعر أسى الانفصال بحـــيث إنّ ألم خـــسارة الارتباطات السابقة يُحدث انطباعاً أقل مما كان سيفعل بغير ذلـــك. وهذا النقص النسبـــي في الأسى قد يحرّرنا أيضاً لنتعلّم أشياء جديدة ونكوِّن روابط جديدة، بينما نعيد جزئياً تشكيل علاقاتنا القائمة.

تـــساعد نظرية فريمان في شرح الكيفية التي يؤثّر بها الحبّ واللدونة أحدهما علـــى الآخـــر. تتيح لنا اللدونة أن نطوِّر أدمغةً فريدة - في استجابة منا لتجارب حياتـــنا الفـــردية - بحـــيث يكون من الصعب علينا غالباً أن نرى العالم كما يراه الآخـــرون، أو أن نـــريد ما يريدون، أو أن نتعاون. ولكنّ التكاثر الناجح لجنسنا البـــشري يـــتطلّب الـــتعاون. إنّ مـــا منحـــنا الله إياه، في معدِّل عصبـــي مثل الأوكـــسيتوسين، هو قدرة دماغين عاشقين على اجتياز فترة لدونة معزّزة، متيحة لهمـــا أن يتقاربا ليشكّل كلّ منهما نوايا وإدراكات الآخر. إنّ الدماغ بالنسبة إلى فـــريمان عبارة أساساً عن عضو اجتماع، ولهذا يجب أن تكون هناك آليّة تقوم من حـــين إلى آخر بإلغاء ميلنا لأن نصبح فرديين بإفراط، ومنهمكين بإفراط في شؤوننا الذاتية، وأنانيين جداً.

وكمـــا يقول فريمان: "إنّ المعنى الأعمق للتجربة الجنسية لا يكمن في اللذة أو حتى في التكاثر، بل في الفرصة التي تزوِّد بها للتغلّب على هاوية الأنا، وفتح الباب، إذا جاز التعبير، سواء أتكبّد المرء عناء اجتيازه أم لا. إنّ *ما بعد المداعبة afterplay*، وليس المداعبة *foreplay*، هو ما يهمّ في بناء الثقة[33]".

يذكِّرنا مفهوم فريمان بالتحوُّل المفاجئ لرجلٍ كان بالكاد يلاحظ الأطفال إلى والـــد مخلص وحنون. سنقول أنه "نضج" و"الأولاد يأتون في المقام الأوّل"، ولكن لعلّـــه حـــصل على بعض المساعدة من الأوكسيتوسين، الذي أتاح له أن يتجاوز أنماطه الراسخة من الاهتمام الأناني. قارن هذا الرجل بالأعزب الراسخ الذي لم يقع أبـــداً في الحبّ ويصبح أكثر غرابة وصلابة سنةً بعد أخرى، معزِّزاً بلدونة طرائقه الروتينية من خلال التكرار[34].

يتيح لنا النسيان في الحبّ أن نغيّر انطباعاتنا الذهنية عن أنفسنا نحو الأفضل إذا كان لدينا شريك متيّم بنا. ولكنه يساعد أيضاً في تفسير سرعة تأثُّرنا عندما نقع في الحب ويشرح لماذا هناك العديد جداً من الشباب والشابات الواثقين بأنفسهم، والذين عندما يقعون في حب شخص يتلاعب بهم، أو يُضعِف مكانتهم، أو يُنقِص قيمتهم، يفقدون غالباً كل إحساس بالذات ويصبحون مبتلين بعدم الثقة بالنفس، التي قد تستغرق استعادتها سنوات من عمرهم.

5

إحياءات منتصف الليل

ضحايا سكتات دماغية يتعلّمون أن يتحرّكوا ويتكلّموا مرة أخرى

مايكــــل بيرنشتين هو دكتور في الطبّ متخصّص في جراحة العين وخبير في التنس اعتاد على ممارسته ستّ مرات في الأسبوع، وهو متزوج ولديه أربعة أطفال. كـــان الدكتور بيرنشتين في الرابعة والخمسين من عمره عندما اختبر سكتةً دماغية مُعجِّزة. وقد خضع لعلاج لدونة عصبية جديد وأتمّه، وتعافى، وعاد إلى عمله، وقد التقيته في مكتبه في بيرمنغهام في ألاباما. وبسبب كثرة الغرف في جناح مكتبه، فقد ظننت أنّ لديه حتماً عدداً من الأطباء يعملون معه. ولكنه نفى ذلك وقال إنّ كثرة الغـــرف هـــي بسبب كثرة المرضى المسنّين لديه. بدلاً من جعلهم يتحرّكون، هو يذهب إليهم بنفسه.

ضـــحك وهـــو يقول: "بعض هؤلاء المرضى الأكبر سناً لا يتحرّكون جيداً. كانوا قد أصيبوا بسكتات دماغية".

في صـــباح اليوم الذي أُصيب فيه الدكتور بيرنشتين بسكتة دماغية، كان قد أجـــرى عمليات جراحية لسبعة مرضى، منها الإعتام، والغلوكوما، وجراحة تصحيح ضعف النظر، وهي إجراءات دقيقة جداً داخل العين.

وبعـــد ذلك، عندما كافأ الدكتور بيرنشتين نفسه بلعب التنس، أخبره منافسه أنـــه لم يكن متوازناً ولا يلعب كالمعتاد. وبعد التنس قاد الدكتور بيرنشتين سيارته

لإنجــاز مهمــة في المــصرف، وعندما حاول أن يرفع رِجله للخروج من سيارته الرياضــية المنخفــضة، لم يستطع. وعندما عاد إلى مكتبه، أخبرته سكرتيرته أنه لا يبدو على ما يرام. كان الدكتور لويس، وهو طبيب العائلة ويعمل في نفس المبنى، يعلــم أنّ الدكــتور بيرنشتين يعاني من داء السكر بشكلٍ خفيف، ولديه مشكلة بالكولــستيرول، وأنّ والدتــه كانت قد أُصيبت بعدة سكْتات دماغية، ما يجعله مرشّــحاً محــتملاً لــسكتة مبكرة. أعطى الدكتور لويس الدكتور بيرنشتين حقنة هيــبارين لمنع دمه من التجلّط، وقامت زوجة الدكتور بيرنشتين بنقل زوجها إلى المستشفى.

وخــلال الاثنتي عشرة إلى الأربع عشرة ساعة التالية، ازدادت السكتة سوءاً، وأصــبح كامل الجانب الأيسر من جسده مشلولاً كلياً، وهي دلالةٌ على أنّ جزءاً كبيراً من قشرته الدماغية الحركية قد أُتلف.

أكّــد مــسح الدماغ (التصوير بالرنين المغنطيسي) *MRI* التشخيص، حيث شاهد الأطباء خللاً في الجزء الأيمن من الدماغ الذي يتحكّم بحركة الجانب الأيسر. وأمــضى الدكــتور بيرنشتين أسبوعاً في وحدة العناية المركّزة، وأظهر هناك بعض التحسّن. وبعد أسبوعٍ من العلاج الفيزيائي، والعلاج المهني، والعلاج المقوِّم للنطق في المستــشفى، تمّ نقله إلى مؤسسة لإعادة التأهيل لمدة أسبوعين، ومن ثمّ أُرسِل إلى البيت. وهناك تابع إعادة التأهيل لثلاثة أسابيع إضافية كمريضٍ خارجي وأُخبِر بأنه قد أنهى علاجه. كان قد تلقّى عناية نموذجية تالية للسكتة الدماغية.

لم يكن شفاء الدكتور بيرنشتين كاملاً. فهو لم يستغنِ عن العصا، وعجز عن اســتخدام يده اليسرى بحرِّية، حيث لم يكن باستطاعته أن يضمّ إبهامه وسبابته مثل فكّي كمّاشة. ورغم أنه كان يستعمل يمناه عادةً، إلا أنه كان أضبطَ (يستعمل كلتا يديــه)، وكــان قــبل إصابته بالسكتة الدماغية قادراً على إجراء عملية ساد بيده اليسرى. أما الآن، فقد كان عاجزاً عن استخدامها كلياً. لم يكن بإمكانه أن يمسك شــوكة، أو يُقرِّب ملعقة إلى فمه، أو يزرّر قميصه. وفي مرحلة معينة خلال إعادة التأهــيل تمّ أخذه بالكرسي المدولب إلى ملعب تنس وأُعطِي مضرباً ليرى إن كان بإمكانــه أن يمسكه. لم يستطع الإمساك به وبدأ يعتقد أنه لن يلعب التنس مجدّداً. ورغم ما قيل له بأنه لن يستطيع أن يقود سيارته البورش مرةً أخرى، إلا أنه انتظر

إلى أن خـــرج الجميع من البيت، "وركبت سيارة الـــ 50,000$، وأخرجتها من المرآب، ووصلت بها إلى نهاية الطريق المؤدية إلى البيت، ونظرت في كلا الاتجاهين. كنت مثل صبـــي مراهق يسرق سيارة. ثمّ قدتها إلى الطرف غير النافذ من الشارع حـــيث توقّـــف محرّك السيارة فجأة. يكون المفتاح على الجانب الأيسر من عمود القـــيادة في ســـيارة البورش، ولهذا لم أستطع أن أدير المفتاح بيدي اليسرى، وكان عليّ أن أصل إليه وأديره بيدي اليمنى لتشغيل المحرّك، لأني ما كنت لأترك السيارة هـــناك، واتصل بالبيت ليأتوا ويأخذوني. وبالطبع، كان استخدامي لرِجلي اليسرى محدوداً، ما جعل دفع دواسة القابض أمراً صعباً".

كـــان الدكتور بيرنشتين من أوائل الناس الذين ذهبوا إلى عيادة علاج تاوب، من أجل علاج الحركة المستحثّة بالتقييد *constraint-induced movement therapy (CI)* لإدوارد تـــاوب، حـــين كـــان البرنامج لا يزال في مراحل البحث. فكّر الدكتور بيرنشتين أنه لن يخسر شيئاً بتجربة العلاج الجديد.

كان تحسُّن الدكتور بيرنشتين مع العلاج الجديد سريعاً جداً. وهو يصفه كما يلـــي: "كان قاسياً. كنا نبدأ عند الساعة الثامنة صباحاً ونستمرّ دون توقّف حتى الساعة الرابعة والنصف، حتى إننا لم نكن نتوقّف وقت الغداء. لم يكن هناك إلا أنا ومريضة أخرى لأنّ العلاج كان لا يزال في مرحلة التجربة. كانت المريضة الأخرى ممرّضةً في الحادية أو الثانية والأربعين من عمرها أُصيبت بسكتة دماغية بعد وضعها لولـــيدها، وكانـــت تتـــنافس معي لسبب ما"، يضحك بيرنشتين ويتابع: "ولكننا انسجمنا على نحوٍ رائع. كان هناك الكثير من المهام التافهة التي علينا القيام بها، مثل رفـــع المعلّـــبات من رفّ إلى آخر أعلى منه. وحيث كانت الممرضة قصيرة القامة، فقد كنت أضع المعلّبات في أعلى مكان أقدر عليه".

وقاما أيضاً بغسل أغطية المائدة وتنظيف نوافذ المختبرات لتشغيل أذرعهما في حـــركة دائـــرية. ومن أجل تقوية شبكات الدماغ لأيديهما وتطوير التحكّم، قاما بـــشدّ شرائط مطاطية سميكة على أصابعهما الضعيفة، ومن ثمّ قاما بفتح أصابعهما مقاوِمَين الشدّ في الشرائط. يقول الدكتور بيرنشتين: "ثم كان عليّ أن أجلس وأقوم بواجبـــــي الكتابـــي، مستخدماً يدي اليسرى". وفي غضون أسبوعين، تعلّم أن يطبع ثمّ أن يكتب بيده اليسرى المصابة. ومع اقتراب نهاية العلاج، كان قادراً على

لعب الأسْكرَبل *Scrabble*، حيث كان يلتقط الرقاقات الصغيرة بيده اليسرى ويضعها بشكلٍ ملائم على اللوح. وبدأت مهاراته الحركية الدقيقة تعود. وعندما عاد إلى البيت، تابع الدكتور بيرنشتين ممارسة التمارين مُستمراً في التحسُّن. كما خضع لعلاجٍ آخر هو التنبيه الكهربائي على ذراعه، لاستحثاث اتّقاد العصبونات.

والآن، عاد الدكتور بيرنشتين إلى عمله مديراً عيادته الناشطة. كما عاد إلى لعب التنس ثلاث مرات في الأسبوع. ولكنه لا يزال يجد بعض الصعوبة في الركض وهو يتدرّب لتقوية ضعف في رِجله اليسرى لم تتمّ معالجته بشكلٍ كامل في عيادة تاوب، التي بدأت منذ ذلك الحين برنامجاً خاصاً للناس ذوي الأرجل المشلولة.

لا يزال الدكتور بيرنشتين يعاني من بضع مشاكل متبقّية. فهو يجد أنّ ذراعه اليسرى لا تبدو طبيعية تماماً، كما هو مُفترَضٌ بعد الخضوع لعلاج CI. لقد عادت الوظيفة إليها، ولكن ليس إلى مستواها السابق تماماً. ومع ذلك، عندما طلبتُ منه أن يكتب بيده اليسرى، كانت أحرف كتابته جيدة الشكل، وما كنت لأخمّن أبداً أنه قد اختبر سكتة دماغية أو أنه أيمن.

على الرغم من تحسُّن الدكتور بيرنشتين بتجديد اتصالات دماغه الكهربائية وشعوره أنه مستعد لأن يجرى عمليات جراحية من جديد، إلا أنه قرّر أن لا يفعل ذلك، فقط لأنّ أوّل شيء سيقوله المحامون، إذا قاضاه أحدهم لسوء التصرّف، هو أنه كان قد أُصيب بسكتة دماغية وما كان يجب أن يجري عمليات جراحية. من كان ليصدِّق أنّ الدكتور بيرنشتين قد تمكّن من تحقيق شفاءٍ كامل كما فعل؟

السكتة الدماغية هي ضربة مفاجئة فاجعة، تصيب الدماغ من الداخل. تتسبّب جلطة دموية أو نزيف في شرايين الدماغ في قطع إمداد الأكسجين عن أنسجة الدماغ، ما يؤدّي إلى موتها. يؤول أمر أكثر ضحاياها تأثُّراً إلى تحوّلهم إلى مجرد ظلال لما كانوه سابقاً، حيث يُحتجزون غالباً في معاهد مجرّدة من الشعور الشخصي، محبوسين في أجسادهم، يُطعَمون مثل الأطفال الرضّع، وعاجزين عن العناية بأنفسهم، أو التحرّك، أو الكلام. السكتة الدماغية هي أحد الأسباب الرئيسية للعجز في الراشدين[1]. ورغم أنها تصيب المسنّين غالباً، إلا أنها يمكن أن تصيب أناساً في العقد الخامس (الأربعينات) من العمر أو أقلّ. قد يتمكّن الأطباء في غرفة الطوارئ من منع سكتة دماغية من أن تزداد سوءاً وذلك بفتح الانسداد أو

إيقاف النـــزيف، ولكن ما إن يكون التلف قد حصل بالفعل، فإنّ الطب الحديث لا يـــستطيع – أو بالأحـــرى كان لا يستطيع – تقديم الكثير من المساعدة، إلى أن ابتدع إدوارد تاوب علاجه المستند إلى اللدونة. قبل علاج CI، خلُصت الدراسات الـــتي أُجريت على مرضى السكتات الدماغية المزمنة ذوي الأذرع المشلولة إلى عدم فعالـــية أي من العلاجات القائمة(2). كانت هناك تقارير قصصية نادرة عن مرضى تماثلـــوا للـــشفاء، مثل والد باول باخ – واي – ريتا (انظر الفصل الأول). وتمكّن بعـــض المرضى من تحقيق شفاء عفوي بالاعتماد على أنفسهم، ولكن ما إن كانوا يـــتوقّفون عن إحراز أي تحسّن، فإنّ العلاجات التقليدية لم تكن ذات فائدة كبيرة. غيّـــرت معالجة تاوب كل هذا من خلال مساعدة مرضى السكتات الدماغية على تجديد اتصالات أدمغتهم الكهربائية. فالمرضى الذين كانوا مشلولين لسنوات وقطع الأطباء الأمل في تحسّنهم، بدأوا فعلياً يتحرّكون من جديد، واستعاد بعضهم قدرته علـــى الكـــلام. أما الأطفال المصابون بالشلل الدماغي، فقد اكتسبوا سيطرةً على حـــركاهم. وتَعِـــد نفس المعالجة بتحقيق شفاء من إصابات الحبل الشوكي، وداء باركنسون، والتصلّب المتعدّد، وحتى التهاب المفاصل.

ومـــع ذلـــك، فـــإنّ قلّة فقط قد سمعت باكتشافات تاوب الحاسمة، رغم أنه تصوّرها ووضع الأساس لها لأول مرة في العام 1981، أي قبل أكثر من ربع قرن. أُخِّر تاوب عن إشراك الآخرين باكتشافاته لأنه أصبح واحداً من أكثر علماء وقتنا قدحاً فيه. فالسعادين التي كان يعمل عليها أصبحت من أشهر حيوانات المختبرات في الـــتاريخ، ليس بسبب ما وضّحته تجاربه عليها، ولكن بسبب الادعاءات بإساءة معاملتها – وهي ادعاءات أوقفته عن العمل لسنوات. بدت هذه الاتهامات مقبولةً ظاهـــرياً لأنّ تـــاوب كـــان متقدّماً كثيراً عن نظرائه بحيث إنّ ادّعاءه بأنّ مرضى الـــسكتات الدماغية المزمنة يمكن مساعدهم بعلاجٍ مستندٍ إلى اللدونة بدا غير قابل للتصديق.

إدوارد تاوب هو رجلٌ منظّم حيّ الضمير، ينتبه بدقّة للتفاصيل. يبدو تاوب أصـــغر بكـــثير من سنوات عمره التي جاوزت السبعين، وهو دائماً حسن الهندام، مـــرتّب الـــشعر. وعندما يتحدّث، تراه واسع الاطلاع، ذا صوتٍ رخيم، يصحّح لنفـــسه أثـــناء الكلام ليتأكّد من دقّة كل شيء قاله. يعيش تاوب في بيرمنغهام في

ألاباما، ويعمل في الجامعة، حيث هو حرٌّ أخيراً لتطوير علاجٍ لمرضى السكتات الدماغية. أما زوجته ميلدرد، فقد كانت مغنّية سوبرانو، سجّلت مع سترافنسكي، وغنّت مع أوبرا المتروبوليتان. لا تزال ميلدرد حسناء، ذات شعر كثيف رائع ودفء أنثوي جنوبي.

وُلد تاوب في بروكلين في العام 1931، ودرس في المدارس الحكومية، وتخرّج من المدرسة الثانوية وعمره خمس عشرة سنة فقط. وفي جامعة كولومبيا، درس تاوب "السلوكية" مع فرِد كيلر. سُيطِر على السلوكية من قِبَل عالِم هارفارد السيكولوجي ب.ف. سكينر، وكان كيلر نائب سكينر الفكري. اعتقد السلوكيون في ذلك الوقت أنّ السيكولوجيا (علم النفس) يجب أن تكون علماً "موضوعياً" ويجب أن تدرس فقط ما يمكن رؤيته وقياسه: السلوك الملاحَظ. كانت السلوكية ردّ فعل ضدّ علوم السيكولوجيا التي ركّزت على العقل لأنّ الأفكار والمشاعر والرغبات، بالنسبة إلى السلوكيين، كانت مجرّد تجربة "ذاتية" لا تُقاس موضوعياً. كما أنّ السلوكيين لم يهتموا بالدماغ الفيزيائي، مجادلين بأنه، مثل العقل، عبارة عن "صندوق أسود". كتب معلّم سكينر، جون ب. واطسون، بسخرية: "يتحدث معظم العلماء السيكولوجيين بذرابة تماماً عن تشكيل ممرّات جديدة في الدماغ، كما لو كانت هناك مجموعة من خدم "فُلكان" الصغار الذين يعدون عبر الجهاز العصبي بالمطرقة والإزميل ويحفرون خنادق جديدة ويعمِّقون القديمة"[3]. بالنسبة إلى السلوكيين، لم يكن مهماً ما كان يحصل داخل الدماغ أو العقل. فبإمكان المرء أن يكتشف قوانين السلوك بمجرد تعريض حيوان أو إنسان لمنبِّه، وملاحظة استجابته.

أجرى السلوكيون تجاربهم في جامعة كولومبيا على الجرذان بشكل رئيسي. وقد طوّر تاوب، حين كان لا يزال طالب دراسات عليا، طريقةً لملاحظة الجرذان وتسجيل نشاطاتها باستخدام "يومية جرذ" معقّدة. ولكن عندما استخدم هذه الطريقة لاختبار نظرية معينة لمعلّمه، فرِد كيلر، أثبت تاوب، مذهلاً، بطلانها. أحبّ تاوب معلّمه كيلر وتردّد في مناقشة نتائج التجربة معه، ولكنّ كيلر اكتشف الأمر وأخبر تاوب أنه يجب دائماً أن "يفسّر البيانات كما هي".

صوّرت السلوكية في ذلك الوقت على أنّ كلّ السلوك هو استجابةٌ لمنبّه، وعلى أن البشر كائنات تأثُّرية (سلبية)، ولهذا كانت ضعيفةً بصورة خاصة في شرح الطريقة التي نستطيع بها أن نفعل الأشياء طوعاً. أدرك تاوب أنّ العقل والدماغ يجب أن يكونا مشتركَين في بدء العديد من التصرفات، وأنّ نبذ السلوكية للعقل والدماغ كان نقصاً خطيراً. ورغم أنه كان خياراً غير وارد لسلوكيّ في ذلك العصر، إلا أنّ تاوب قبل وظيفةً كمساعد باحث في مختبر علم أعصاب تجريبي، من أجل أن يفهم الجهاز العصبي. أجرى الباحثون في المختبر تجارب "تعطيل الجذبان المركزي *deafferentation*" على السعادين.

تعطيل الجذبان المركزي هو تقنية قديمة استخدمها الحائز على جائزة نوبل، السير شارلز شرينغتون، في العام 1895. يعني "العصب الوارد" في هذا السياق "عصباً حسّياً"، أي العصب الذي ينقل النبضات الحسّية إلى العمود الفقري ومن ثمّ إلى الدماغ. تعطيل الجذبان المركزي هو إجراء جراحي يتمّ فيه قطع الأعصاب الحسّية الواردة بحيث إنّ لا شيء من مُدخلاتها يستطيع القيام بهذه الرحلة. لا يستطيع السعدان الذي عُطّل جذبانه المركزي أن يدرك أين هي أطرافه المُصابة في المكان، ولا أن يشعر بأي إحساس أو ألم فيها عندما تُلمَس. كان العمل الفذّ التالي لتاوب - بينما كان لا يزال طالب دراسات عليا - هو أنه قلب واحدةً من أهمّ أفكار شرينغتون رأساً على عقب، واضعاً الأساس، بالتالي، لعلاجه الجديد لمرضى السكتات الدماغية.

أيّد شرينغتون فكرة أنّ **جميع** حركاتنا تحدث استجابةً لمنبِّه ما، وأننا نتحرك لأنّ أفعالنا المنعكسة الشوكية تبقينا متحرّكين، وليس لأنّ أدمغتنا تأمر بذلك. سمّيت هذه الفكرة "النظرية الانعكاسية للحركة *reflexologial theory of movement*" وأصبحت سائدة في علم الأعصاب.

لا يشترك الدماغ في الفعل المنعكس الشوكي. توجد العديد من الأفعال المنعكسة الشوكية ولكن أبسط مثال عليها هو الفعل المنعكس للركبة. عندما ينقر الطبيب ركبتك، فإنّ مستقبِلاً حسِّياً تحت الجلد يلتقط النقرة وينقل نبضةً على طول العصبون الحسّي في فخذك وإلى العمود الفقري، الذي ينقلها إلى عصبون حركي **في العمود الفقري**. يرسل العصبون الحركي نبضةً راجعة إلى عضلة

فخذك، تجعلها تنقبض وتجعل رِجلك تهتزّ للأمام لاإرادياً. عندما نمشي، فإنّ الحركة في إحدى الرِجلين تستحثّ الحركة في الرِجل الأخرى بصورة منعكسة.

وسرعان ما استُخدمت هذه النظرية لشرح جميع الحركات. بنى شرينغتون اعتقاده بأنّ الأفعال المنعكسة هي الأساس لجميع الحركات، على تجربة تعطيل جذبان مركزي أجراها مع ف.و. موت. قام شرينغتون وموت بتعطيل الجذبان المركزي للأعصاب الحسّية في ذراع سعدان، حيث قطعاها قبل أن تدخل الحبل الشوكي، ليمنعا بذلك مرور أية إشارة حسّية إلى دماغ السعدان، ووجدا أنّ السعدان توقّف عن استعمال ذراعه. بدا هذا غريباً لأنهما كانا قد قطعا الأعصاب **الحسّية** (التي تنقل الإحساس)، وليس الأعصاب **الحركية** من الدماغ إلى العضلات (التي تنبّه الحركة). فهم شرينغتون لماذا لم تستطع السعادين أن تحسّ، ولكنه لم يفهم لماذا لم تستطع أن تتحرّك. ولحلّ هذه المشكلة، فقد اقترح أنّ الحركة مبنية على الجزء الحسّي من الفعل المنعكس الشوكي، ومُستَهلّة به، وأنّ سعادينه لم تتمكّن من الحراك لأنه كان قد دمّر الجزء الحسّي من فعلها المنعكس من خلال تعطيل الجذبان المركزي.

وسرعان ما قام مفكّرون آخرون بتعميم فكرة شرينغتون، مجادلين بأنّ جميع الحركات، وكل شيء نفعله، بما في ذلك السلوك المعقّد، يُبنى من سلاسل من الأفعال المنعكسة. وحتى الحركات الإرادية مثل الكتابة تتطلّب من القشرة الحركية أن تعدّل أفعالها المنعكسة **الموجودة قبلاً**[4]. ورغم أنّ السلوكيين عارضوا دراسة الجهاز العصبي، إلا أنهم أيّدوا فكرة أنّ جميع الحركات مبنيةٌ على استجابات منعكسة لمنبّهات سابقة، لأنّ هذه الفكرة لم تُدخل العقل والدماغ في السلوك. وقد أيّدت هذه الفكرة بدورها فكرة أنّ كل السلوك مقدَّرٌ سلفاً بما حدث لنا من قبل وأنّ الإرادة الحرة وهم. أصبحت تجربة شرينغتون تعليماً قياسياً في كليات الطبّ وفي الجامعات.

أراد تاوب أثناء عمله مع جرّاح أعصاب يُدعَى أ.ج. بيرمان أن يرى إن كان باستطاعته أن يكرّر تجربة شرينغتون على عدد من السعادين، وتوقّع أن يحصل على نفس نتيجة شرينغتون. ولكنه قام بخطوةٍ إضافية: بالإضافة إلى تعطيل الجذبان المركزي في إحدى ذراعَي السعدان، قام تاوب أيضاً بوضع الذراع السليمة

للسعدان في معلاق لتقييدها. لقد خطر لتاوب أنّ السعادين ربما لا تستخدم أذرعها التي عُطِّل جذبانها المركزي لأنها تستطيع أن تستخدم أذرعها السليمة بسهولة أكثر. إنّ وضع الذراع السليمة في معلاق قد يُجبر السعدان على استخدام الذراع الأخرى لإطعام نفسه والتحرّك في ما حوله.

ونجحت التجربة. فحيث عجزت عن استخدام أذرعها السليمة، بدأت السعادين تستخدم الأذرع الأخرى التي عُطِّل جذبانها المركزي[5]. قال تاوب: "أتذكّر ذلك بصورة حيّة. لقد أدركتُ أني كنت أرى السعادين تستخدم أطرافها لعدة أسابيع، و لم أتفوّه بما رأيت لأني لم أكن أتوقّعه".

أدرك تاوب أنّ اكتشافه له نتائج هامة. إذا كانت السعادين قد تمكّنت من تحريك أذرعها التي عُطِّل جذبانها المركزي دون أن يكون لديها أي شعور أو إحساس فيها، فإنّ نظرية شرينغتون كانت خاطئة. لا بدّ أن تكون هناك برامج حركية مستقلة في الدماغ يمكنها أن تبدأ الحركة الإرادية. لقد كانت السلوكية وعلم الأعصاب سائرَين على طول طريق مسدود لسبعين سنة. خمّن تاوب أيضاً أنّ اكتشافه قد تكون له نتائج أيضاً في ما يتعلق بالتعافي من السكتة الدماغية لأنّ السعادين، مثل مرضى السكتات الدماغية، بدت عاجزة كلياً عن تحريك أذرعها. وقد يستطيع بعض مرضى السكتات الدماغية، كما فعلت السعادين، أن يحرّكوا أطرافهم إذا أُجبروا على ذلك.

تبيّن لتاوب سريعاً أن ليس كل العلماء متقبّلين بطيب خاطر لبطلان نظرياتهم كما كان أستاذه كيلر. بدأ التابعون المخلصون لشرينغتون يجدون أخطاء في تجربة تاوب، ومنهجيتها، وتفسير تاوب. وشكّكت وكالات المنح بشأن ما إذا كان طالب الدراسات العليا الشاب يستحق المزيد من المال. كان نات شوينفيلد، وهو أستاذ تاوب في جامعة كولومبيا، قد أسّس نظرية سلوكية معروفة جيداً تستند إلى تجارب تعطيل الجذبان المركزي لشرينغتون. وعندما حان الوقت لتاوب ليناقش أطروحة الدكتوراه، كانت القاعة، التي عادةً ما تكون فارغة، محتشدة. لم يكن كيلر، معلّم تاوب، موجوداً، وكان شوينفيلد حاضراً. عرض تاوب بياناته وتفسيره لها. وجادل شوينفيلد ضدّه وخرج من القاعة. ومن ثم حان موعد الامتحان الأخير. كان تاوب في هذه المرة قد حصل على منح أكثر من العديد من أعضاء

هيـــئة الـــتدريس واختار أن يعمل على تطبيقين رئيسيين خلال أسبوع الامتحان النهائـــي، متوقّعاً أن يؤجّله إلى وقت لاحق. وعندما رُفض طلبه بتأجيل الامتحان ورســـب بسبب "وقاحته"، قرّر أن يكمل دراسته لنيل شهادة الدكتوراه في جامعة نـــيويورك. رفض معظم العلماء في حقله أن يصدّقوا اكتشافاته. وتمت مهاجمته في الاجتماعات العلمية و لم يتلقَّ أي تقدير أو مكافآت علمية. ومع ذلك، كان تاوب ســـعيداً في جامعة نيويورك: "كنت في الجنة. كنت أجري أبحاثاً. لم يكن هناك ما أريده أكثر من ذلك".

كان تاوب يستكشف نوعاً جديداً من علم الأعصاب دمج فيه أفضل ما في الـــسلوكية، المطهّرة من بعض أفكارها النظرية غير العملية، وعلوم الدماغ. والواقع أنـــه كـــان اندماجاً تمّ توقّعه بواسطة إيفان بافلوف، وهو مؤسس السلوكية الذي حـــاول في ســـنواته اللاحقة - رغم أنّ ذلك غير معروف على نطاق واسع - أن يدمج اكتشافاته مع علوم الدماغ، حتى إنه جادل بأنّ الدماغ لدْن[6]. ومن سخرية القـــدر أنّ السلوكية كانت قد هيّأت تاوب بطريقة ما لأن يقوم باكتشافات هامة. فنظـــراً لأنّ الـــسلوكيين لم يُظهروا اهتماماً أبداً في بنية الدماغ، فهم لم يستنتجوا، كمـــا فعل معظم علماء الأعصاب، أنّ الدماغ يفتقر إلى اللدونة. اعتقد الكثيرون منهم أنهم يمكن أن يدرّبوا حيواناً على فعل أي شيء تقريباً، ورغم أنهم لم يتكلموا عن "اللدونة العصبية"، إلا أنهم اعتقدوا باللدونة السلوكية.

منفـــتحاً إلى فكرة اللدونة هذه، كان تاوب سبّاقاً في تجارب تعطيل الجذبان المركـــزي. استنبط تاوب أنه إذا تمّ تعطيل الجذبان المركزي في كلتا الذراعين، فإنّ الـــسعدان يجب أن يكون قريباً قادراً على تحريك كلتا الذراعين، لأنه سيضطّر إلى فعـــل ذلـــك من أجل البقاء. وهكذا قام تاوب بتعطيل الجذبان المركزي في كلتا الذراعين، ووجد أنّ السعدان قد حرّك بالفعل كلتا ذراعيه.

كانـــت هذه النتيجة تناقضية: عندما عُطّل الجذبان المركزي في ذراعٍ واحدة، لم يـــتمكّن الـــسعدان مـــن استخدامها. وعندما عُطّل الجذبان المركزي في كلتا الذراعين، تمكّن السعدان من استخدام الاثنتين!

ثمّ قام تاوب بتعطيل الجذبان المركزي في الحبل الشوكي بأكمله، بحيث لم يعد هـــناك أي فعـــل منعكس شوكي متبقّياً في الجسم، ولم يعد بإمكان السعدان أن

يستقبل مُدخلات حسّية من أيّ من أطرافه. ومع ذلك، استخدم السعدان أطرافه، وهو ما أبطل نظرية شرينغتون الانعكاسية كلياً.

ثمّ توصّل تاوب لاكتشاف آخر، وهو الاكتشاف الذي سيُحدث تحوُّلاً في معالجة السكتات الدماغية. اقترح تاوب أنّ السبب وراء عدم استخدام السعدان لذراعه بعد تعطيل الجذبان المركزي في ذراعٍ واحدة هو أنه قد **تعلّم** أن لا يستخدمها في الفترة التي تلي العملية مباشرةً حين يكون الحبل الشوكي في حالة "صدمة شوكية" من جراء الجراحة.

يمكن أن تستمرّ الصدمة الشوكية من شهرين إلى ستة أشهر[7]، وهي فترةٌ تجد فيها العصبونات صعوبةً في الاتّقاد (إطلاق الإشارات الكهربائية). سيحاول الحيوان في مرحلة الصدمة الشوكية أن يحرّك ذراعه المصابة ويفشل في ذلك مرات عديدة خلال تلك الأشهر. بدون تعزيزٍ إيجابي، فإنّ الحيوان يستسلم ويستخدم بدلاً منها ذراعه السليمة لإطعام نفسه، حاصلاً على تعزيز إيجابي في كل مرة ينجح فيها. وهكذا، فإنّ الخريطة الحركية للذراع التي عُطّل جذباها المركزي - والتي تشتمل على برامج لحركات الذراع الشائعة - تبدأ في الضعف والضمور، وفقاً لمبدأ اللدونة "استعمله أو اخسره". أطلق تاوب على هذه الظاهرة اسم "عدم الاستعمال المُتعلّم". واستنبط أنّ السعادين التي عُطّل الجذبان المركزي في كلتا ذراعيها كانت قادرةً على استخدام كلتا الذراعين لأنها لم تحظَ أبداً بأية فرصة "لتتعلّم" أنهما لا تعملان جيداً، حيث كان لا بدّ لها أن تستخدمهما من أجل البقاء.

فكّر تاوب أنّ الدليل الذي لديه لنظرية "عدم الاستعمال المتعلّم" هو دليلٌ غير مباشر، ولهذا فقد حاول في سلسلة من التجارب المبدعة أن يمنع السعادين من "تعلُّم" عدم الاستعمال. قام تاوب في واحدةٍ من هذه التجارب بتعطيل الجذبان المركزي في ذراع سعدان، ثمّ بدلاً من وضع المِعلاق على اليد السليمة لتقييدها، قام بوضعه على اليد التي عُطّل جذباها المركزي. وبهذه الطريقة، لن يكون السعدان قادراً على أن "يتعلّم" أنّ تلك الذراع غير مفيدة في فترة الصدمة الشوكية. وبالفعل، عندما أزال القيد بعد ثلاثة أشهر، أي بعد فترة طويلة من تلاشي الصدمة، تمكّن السعدان سريعاً من استخدام ذراعه التي عُطّل جذباها المركزي. بدأ

تـــاوب بعد ذلك في تقصّي مدى النجاح الذي يمكن أن يحرزه بتعليم الحيوانات أن تـــتغلّب علـــى عدم الاستعمال المُتعلّم، واختبر ما إذا كان بإمكانه أن يصحّح عدم الاســـتعمال المُـــتعلّم بعـــد عدة سنوات من نشوئه، وذلك بإجبار السعدان على اســـتخدام الذراع المعطّلة الجذبان المركزي[8]. نجحت التجربة وقادت إلى تحسّنات استمرت لبقية حياة السعدان. كان لدى تاوب الآن نموذج حيوان حاكى تأثيرات السكتات الدماغية عندما تتمّ مقاطعة إشارات العصب ولا يمكن تحريك الأطراف، وحاكى أيضاً طريقةً ممكنة للتغلّب على المشكلة.

قادت هذه الاكتشافات تاوب إلى الاعتقاد بأنّ الناس الذين كانوا قد أصيبوا بـــسكتات دماغـــية أو أنـــواع أخـــرى من التلف الدماغي، ربما يعانون من عدم الاســـتعمال المُتعلّم، حتى لو مضى على إصابتهم سنوات[9]. أدرك تاوب أنّ أدمغة بعـــض مرضـــى الـــسكتات الدماغية ذوي التلف الأدنى تدخل في مرحلة مكافئة للصدمة الشوكية، التي تُدعَى "الصدمة القشرية"، والتي يمكن أن تستمرّ لعدةٍ أشهر. وكل محاولةٍ لتحريك اليد خلال هذه الفترة مآلها الفشل، وهو ما يؤدّي احتمالاً إلى عدم الاستعمال المتعلّم.

أمـــا مرضـــى الـــسكتات الدماغية ذوي التلف الدماغي الموسّع في المنطقة الحـــركية، فيعجـــزون عن التحسُّن لفترة طويلة، وعندما يتحسّنون، فهم يتعافون بـــشكلٍ جزئـــي فقط. استنبط تاوب أنّ أيّ علاج للسكتة الدماغية يجب أن يهتمّ بالـــتلف الدماغي الجسيم وعدم الاستعمال المُتعلّم على حدّ سواء. ونظراً لأنّ عدم الاســـتعمال المُـــتعلّم قد يكون حاجباً لقدرة المريض على التعافي، فلا يمكن تقدير احـــتمالات الـــنجاح للمريض فعلياً إلا بالتغلّب على عدم الاستعمال المُتعلّم أولاً. اعـــتقد تاوب أنه حتى بعد الإصابة بالسكتة الدماغية، فإنّ هناك فرصة جيدة لأن تكون البرامج الحركية للحركة موجودة في الجهاز العصبـــي. وهكذا فإنّ الطريقة لكـــشف القـــدرة الحـــركية هي أن يطبّق على البشر ما فعله مع السعادين: تقييد استعمال الطرف السليم وإجبار الطرف المصاب على البدء بالحركة.

لقد تعلّم تاوب درساً هاماً خلال بداية عمله على السعادين. وجد تاوب أنه إذا قـــدّم لها **مكافأةً** فقط لاستخدامها أذرعها المصابة للوصول إلى الطعام – أي إذا حـــاول أن يفعل ما يدعوه السلوكيون "التكييف" – فإنّ السعادين لم تكن تتقدّم.

ولهـــذا فقـــد تحوّل إلى تقنية أخرى تُدعَى "التشكيل"، تتمّ فيها صياغة السلوك في خطـــوات صغيرة جداً. وهكذا فإنّ حيواناً مُعطَّل الجذبان المركزي سيحصل على مكافـــأة إذا قـــام بأوّل وأصغر إيماءة للوصول إلى الطعام، وليس فقط إذا نجح في الوصول إليه.

في أيـــار (مايو) من العام 1981، كان تاوب في التاسعة والأربعين من عمره، ويديـــر مختبره الخاص في سيلفر سبرينغ في ماريلاند. أطلق تاوب على مختبره اسم مركـــز البيولوجيا السلوكية، وكانت لديه خطط عظيمة لتحويل العمل الذي كان يقـــوم به على السعادين إلى علاجٍ للسكتة الدماغية، عندما تطوّع ألكس باشيكو للعمـــل معـــه في المختـــبر. كـــان ألكس طالب علوم سياسية في جامعة جورج واشنطون، في الثانية والعشرين من عمره.

أخـــبر **باشـــيكو تاوب أنه** يفكّر في أن يصبح باحثاً طبياً. وقد وجده تاوب حـــسن الشخـــصية وتـــواقاً للمساعدة. ولكنّ باشيكو لم يخبر تاوب بأنه مؤسّس ورئـــيس مجمـــوعة "الـــناس لأجل المعاملة الأخلاقية للحيوانات" (*PETA*)، وهي مجمـــوعة مناضـــلة لحقوق الحيوان. أما المؤسّس الآخر لمجموعة *PETA* فهي أنغريد نـــيوكيرك، وهـــي شابة في الحادية والثلاثين من العمر، كانت في ما مضى رئيسة حظـــيرة واشنطن الرسمية للكلاب الضالّة. كان باشيكو ونيوكيرك مرتبطَين عاطفياً وأدارا مجموعة *PETA* من شقتهما الواقعة خارج منطقة دي. سي.

كانت *PETA* ولا تزال ضدّ **جميع** الأبحاث الطبية المشتملة على الحيوانات، بما في ذلـــك الأبحـــاث لإيجاد علاجٍ للسرطان واعتلال القلب ومتلازمة العوز المناعي المكتسب (الإيدز). عارضت المجموعة بحماسة أكل لحوم الحيوانات (من قِبَل البشر ولـــيس مـــن قِـــبَل حيوانات أخرى)، وإنتاج الحليب والعسل (الذي وُصِف بأنه "استغلال" للأبقار والنحل)، والاحتفاظ بحيوانات أليفة في البيت (الذي وصف بأنه "عـــبودية"). كان هدف باشيكو عندما تطوّع للعمل مع تاوب أن يحرّر "سعادين سيلفر سبرينغ" السبعة عشر ويجعلها صرخة موحِّدة لحملة لحقوق الحيوان.

في حين أنّ تعطيل الجذبان المركزي ليس مؤلماً بشكلٍ عام، إلا أنه ليس جميلاً أيـــضاً. نظراً لأنّ السعادين التي عُطِّل جذبانها المركزي لا تستطيع أن تحسّ الألم في أذرعها، فقد كان من الممكن أن تؤذي نفسها عندما تصطدم بشيء. وعندما كان

يـــتمّ تضميد أذرعها المصابة، فإنّ السعادين كانت تتصرّف أحياناً كما لو كانت أذرعها لا تنتمي إليها، وتحاول أن تعضّها.

في صـــيف العام 1981، وبينما كان تاوب خارج المدينة في إجازة مدّتها ثلاثة أســـابيع، اقتحم باشيكو المختبر والتقط صوراً فوتوغرافية بدت فيها السعادين كما لو كانت تعاني بلا مبرِّر، ومُصابةً ومُهمَلة، ومُجبرة على الأكل من قدورٍ موسَّخة ببرازها الخاص.

مُـــسلَّحاً بالصور الفوتوغرافية، أقنع باشيكو سلطات ماريلاند وشرطتها أن يداهمـــوا المختبر ويصادروا السعادين، يوم الجمعة الواقع فيه 11 أيلول/سبتمبر من العـــام 1981. أمكـــن استهداف تاوب لأنّ قانون ماريلاند المتعلّق بإساءة معاملة الحـــيوان يمكـــن تفسيره، خلافاً لقوانين الولايات الأخرى، بأنه لا يستثني الأبحاث الطبية من التعرّض للمساءلة في حال انتهاك القانون.

عندما عاد تاوب إلى المختبر، ذُهِل بالحملة الإعلامية التي واجهته وبمضاعفاتها. فعلـــى بُعد بضعة أميال على طول الطريق، سمع إداريو المعاهد الوطنية للصحة (*NIH*)، وهـــي مؤسّـــسة الأبحاث الطبية الرائدة في الدولة، بشأن المداهمة وأصابهم الخوف. تجـــري *NIH* تجـــارب طبية أحيائية على الحيوانات أكثر من أية مؤسّسة أخرى في العالم، ويمكن بكل وضوح أن تكون هدف *PETA* التالي. كان على *NIH* أن تقرّر ما إذا كانت ستدافع عن تاوب وتتحدّى *PETA*، أو تجادل بأنّ تاوب كان فاسداً وتنأى بنفسها عنه. قرّرت *NIH* أن تقف ضدّ تاوب.

تظاهـــرت *PETA* بأنها مدافعةٌ عظيمة عن القانون، رغم ما زُعِم من أنّ باشيكو قـــد قـــال بأنّ إحراق المباني، وتدمير الممتلكات، والسطو، والسرقة، هي جميعاً أمورٌ مقـــبولة "عـــندما تخفّف مباشرةً ألم ومعاناة حيوان"[10]. أصبحت قضية تاوب قضية مجـــتمع واشـــنطن الشهيرة، حيث غطّت صحيفة **واشنطن بوست** النـــزاع، وشهَّر محرّرو أعمدتها بتاوب. صُوِّر تاوب كشيطان من قِبَل ناشطي حقوق الحيوان، وكانت الدعايـــة الـــتي سبّبتها "سعادين سيلفر سبرينغ" هائلةً إلى حدّ أنها جعلت *PETA* أكبر منظّمة لحقوق الحيوان في الولايات المتحدة، وجعلت تاوب شخصية بغيضة[11].

اعـــتُقِل تاوب وحوكِم لوحشيته في معاملة الحيوان، واشتمل حكمه القضائي علـــى 119 فقـــرة اتهامية. قبل محاكمته، صوّت ثلثا أعضاء الكونغرس المحاصرين

بناخبين غاضبين، على قرار يقضي بإيقاف التمويل عن تاوب. عانى تاوب من عزلة مهنـــية، وخسر راتبه، ومِنَحه، وحيواناته، ومُنِع من القيام بتجارب علمية، وأُكرِه علـــى ترك منـــزله في سيلفر سبرينغ. طُوردت زوجته خلسةً، وطاردته تهديداتُ المـــوت، هـــو وزوجته، في كل مكان. ففي مرحلة معينة، تبع أحدهم ميلدرد إلى مديـــنة نيويورك، واتّصل هاتفياً بتاوب، وأعطاه تقريراً مفصّلاً عن نشاطاتها. وبعد وقـــت وجيز، تلقّى تاوب اتصالاً هاتفياً آخر من رجلٍ يقول إنه ضابط شرطة في مقاطعةً مونتغومري وأنه قد أُعلِم للتوّ من قِبَل دائرة شرطة نيويورك بأنّ ميلدرد قد تعرّضـــت "لحـــادثٍ مؤسف". كانت تلك كذبة، ولكنّ تاوب لم يستطع معرفة ذلك.

أمضى تاوب السنوات الستّ التالية من حياته وهو يعمل ستّ عشرة ساعة في الـــيوم، لسبعة أيام في الأسبوع، من أجل تبرئة نفسه، وكان في أغلب الأحيان محامـــي نفـــسه. بلغت مدّخرات تاوب قبل بدء محاكمته 100,000$. ومع انتهاء محاكمته، لم يكن معه إلا 4,000$. وبسبب مقاطعته، لم يتمكّن تاوب من الحصول علـــى وظيفة في أية جامعة. ولكنه استطاع تدريجياً، محاكمة فمحاكمة، واستئنافاً فاستئنافاً، وتهمة فتهمة، أن يفنّد مجموعة *PETA*.

ادّعى تاوب أنّ هناك شيئاً مريباً بشأن الصور الفوتوغرافية وأنّ هناك علامات علـــى وجـــود تواطؤ بين مجموعة *PETA* وسلطات مقاطعة مونتغومري. لقد أكّد تـــاوب دائماً أنّ صور باشيكو الفوتوغرافية كانت معدّةً لتبدو حقيقية في حين أنها ليـــست كذلك، وأنّ التعليقات عليها ملفّقة(12). على سبيل المثال، أظهرت إحدى الصوَر سعداناً على كرسي اختبار في وضعٍ بدا فيه مكشِّراً ألماً، ومُجهَداً، ومطأطئاً رأسه، بطريقة لا يمكن أن تحدث إلا إذا كانت عزقات وبراغي كرسي الاختبار - الـــذي عـــادةً ما يجلس عليه السعدان بارتياح - قد فُكّت وأعيد تنظيمها. أنكر باشيكو أن تكون الصور مُلفّقة.

تمـــثّل أحد الأوجه الغريبة للمداهمة في أنّ الشرطة سلّموا السعادين من مختبر تاوب إلى لوري لينر، وهي عضوة في مجموعة *PETA*، لتحتفظ بها في قبو منـــزلها، والواقـــع أنهم كانوا، بفعلهم هذا، يهبون دليلاً رسمياً. ثمّ على نحوٍ مفاجئ اختفت مجمـــوعة السعادين بأكملها. لم يشكّ تاوب ومؤيّدوه أبداً في أنّ *PETA* وباشيكو

كانـــا وراء اختفاء السعادين، ولكنّ باشيكو كان متمنّعاً في إعطاء معلومات عند مناقـــشة الموضـــوع. فحين سئل إن كانت السعادين قد أُخذت، كما زُعِم، إلى غينسفيل في فلوريدا، كان جوابه: "ذاك تخمينٌ جيد للغاية"[13].

وعندما بات واضحاً أنّ تاوب لا يمكن أن يُحاكَم بدون السعادين وأنّ سرقة دليل المحكمة كانت جريمة، عادت السعادين فجأةً بشكلٍ غامض كما اختفت قبل ذلـــك بشكلٍ غامض، وتمّ إرجاعها لفترة وجيزة لتاوب. لم تُوجَّه تهمة لأحد، ولكن تاوب أكّد بإيراد الدليل والحجة أنّ اختبارات الدم أظهرت أنّ السعادين قـــد أُجهِدت للغاية برحلة الألفَي ميل ما تسبّب بإصابتها بحالة تسمّى حمّى النقل. وبعد ذلك بفترة قصيرة، هوجِم واحدٌ منها، يُدعَى شارلي، وعُضّ من قِبل سعدان آخر مهتاج للغاية. أُعطي شارلي جرعة دواء مضاعفة بواسطة طبيب بيطري عيّنته المحكمة، ومات على إثرها.

ومـــع انتهاء محاكمة تاوب الأولى أمام القاضي في تشرين الثاني (نوفمبر) من العـــام 1981، أُســـقِطت 113 تهمة من أصل 119[14]. وكانت هناك محاكمة ثانية أحـــرز فيها تاوب مزيداً من التقدّم، وتلاها استئناف وجدت فيه محكمة استئناف ماريلانـــد أنّ قانـــون الولاية المقاوِم للوحشية لم يُسنّ أبداً من قِبَل هيئة ماريلاند التشريعية ليُطبَّق على الباحثين. وتمّت تبرئة تاوب في قرارٍ إجماعي.

وبـــدأ الوضـــع يتحـــسّن بقـــيام سبع وستين جمعية احترافية أميركية بتقديم احـــتجاجات بالنـــيابة عن تاوب لدى المعاهد الوطنية للصحة *NIH*، التي عكست قـــرارها القاضـــي بعـــدم دعم تاوب، مُجادِلةً بعدم وجود دليل مقنع على التهم الأصلية[15].

ولكنّ تاوب كان لا يزال بدون سعادينه وبدون وظيفة، وأخبره أصدقاؤه بأنّ أحـــداً لـــن يقبل به. وحين توظّف أخيراً في جامعة ألاباما في العام 1986، كانت هناك مظاهرات ضدّه وهدّد المحتجّون بإيقاف كل أبحاث الحيوانات في الجامعة[16]. ولكن في هذه المرة، وقف كارل ماكفارلاند، رئيس قسم السيكولوجيا، وآخرون ممن عرفوا أهمية عمله، إلى جانبه.

وأخـــيراً، حـــصل تاوب على منحة لدراسة السكتات الدماغية وفتحَ عيادته الخاصة.

القفـــازات والأربطـــة هي أوّل ما يُطالعك في عيادة تاوب: راشدون داخل الغرف يلبسون قفازات على أيديهم السليمة، وأربطة خاصة على أذرعهم السليمة، لتسعين بالمائة من ساعات يقظتهم.

تشتمل العيادة على غرف عديدة صغيرة وغرفة واحدة كبيرة، حيث تُمارس تمـــارين تاوب المُلهَمة. طوّر تاوب هذه التمارين بالعمل مع المعالجة الفيزيائية جين كارغـــو. يـــبدو بعـــض هـــذه التمارين مثل نُسَخٍ مركّزة من المهام اليومية التي تـــستخدمها مراكـــز إعـــادة التأهيل التقليدية. تستخدم عيادة تاوب دوماً تقنية "التـــشكيل" السلوكية، متّبعةً مقاربة تزايدية لجميع المهام. يلعب الراشدون ما يبدو مـــثل ألعـــاب الأطفـــال: يضغط بعض المرضى أوتاد كبيرة على ألواح وتدية، أو يمـــسكون بكـــرات كبيرة. ويلتقط آخرون العملات المعدنية (السنتات) من كومة ســـنتات وفاصـــولياء ويضعوها في حصالة نقود. إنّ خاصية اللعب التي تتّسم بها التمارين ليست غير مقصودة - فهؤلاء الناس يتعلّمون من جديد كيف يتحرّكون، مجـــتازين الخطوات الصغيرة التي اجتزناها جميعاً كأطفال، من أجل استعادة البرامج الحـــركية الـــتي يعتقد تاوب أنها لا تزال موجودة في الجهاز العصبـــي، حتى بعد الإصابة بالعديد من السكتات الدماغية، أو الأمراض، أو الحوادث.

عـــادةً مـــا تستمرّ تمارين إعادة التأهيل التقليدية لمدة ساعة، لثلاث مرات في الأسبوع. أما مرضى تاوب فهم يتدرّبون لستّ ساعات في اليوم، على مدى عشرة أيام أو خمسة عشر يوماً متواصلة. يصيبهم الإنهاك ويضطّرون غالباً إلى الراحة لفترة قـــصيرة. ينجز المرضى من عشر مهمات إلى اثنتي عشرة مهمة في اليوم، مكرّرين كـــل تمـــرين عـــشر مرات. يبدأ التحسّن بسرعة، ومن ثمّ يقلّ تدريجياً. أظهرت دراســـات تاوب الأصلية أنّ العلاج ينجح فعلياً في جميع مرضى السكتات الدماغية الـــناجين الذين لا يزال لديهم بعض القدرة على تحريك أصابعهم؛ ما يعني نصف المرضـــى تقريباً الذين أصيبوا بسكتات دماغية مزمنة. طوّرت عيادة تاوب تمارين لـــتدريب الـــناس على استخدام أيد مشلولة كلياً. بدأ تاوب بمعالجة المرضى الذين أُصيبوا بسكتات دماغية خفيفة، ولكنه بيّن الآن، باستخدام دراسات ضبط، أنّ 80 بالمئة من مرضى السكتات الدماغية الذين فقدوا وظيفة الذراع يمكنهم أن يتحسّنوا بـــشكلٍ هائـــل[17]. اختبر العديد من هؤلاء المرضى سكتات دماغية مزمنة وخيمة

وأظهـــروا تحسّنات كبيرة جداً[18]. كما أنّ المرضى الذين أُصيبوا بسكتات دماغية قـــبل أكثـــر مـــن أربع سنوات على بداية علاج الحركة المستحثّة بالتقييد (CI)، استفادوا أيضاً بشكلٍ ملحوظ[19].

جيرمي أندروز (ليس اسمه الحقيقي) هو واحدٌ من هؤلاء المرضى. جيرمي هو محـــامٍ في الثالـــثة والخمسين من العمر، وكان قد أُصيب بسكتة دماغية قبل خمسة وأربعـــين عاماً من ذهابه إلى عيادة تاوب، ومع ذلك فقد استفاد من العلاج، رغم مرور نصف قرنٍ تقريباً على فاجعة طفولته. اختبر جيرمي سكتة دماغية حين كان عمره سبع سنواتٍ فقط، أثناء لعبه البيسبول في المدرسة. يقول: "كنت أقف على الخـــطّ الجانبـــــي، وفجأةً دون سابق إنذار وقعتُ على الأرض وقلت 'ليس لديّ ذراع، لـــيس لـــديّ رِجل'، وحملني أبـــي إلى البيت". فقد جيرمي الإحساس في جانـــبه الأيمن، ولم يكن بإمكانه أن يرفع قدمه اليمنى، أو يستخدم ذراعه، وأُصيب بـــرجفة. وكـــان عليه أن يتعلّم الكتابة بيده اليسرى لأنّ يده اليمنى كانت ضعيفة وعاجزة عن الحركات الحركية الدقيقة. خضع جيرمي لبرنامج إعادة تأهيل تقليدي بعـــد الـــسكتة الدماغية ولكنه استمر في مواجهة صعوبات كبيرة. فرغم أنه كان يمـــشي مـــستعيناً بعصا، إلا أنه كان يقع باستمرار. ومع بلوغه العقد الخامس من العمـــر (ســـنّ الأربعين)، كان جيمي يقع بمعدّل 150 مرة في السنة، كاسراً، في أوقات مختلفة، يده، وقدمه، ثم وركه في سنّ التاسعة والأربعين. وبعد كسر وركه، اســـتفاد مـــن تمـــارين إعادة التأهيل مقلّلاً سقطاته إلى 36 سقطة في السنة. ذهب جيرمي بعد ذلك إلى عيادة تاوب وخضع لتدريبٍ لأجل يده اليمنى لمدة أسبوعين، وآخر لرِجله اليمنى لمدة ثلاثة أسابيع، وحسّن توازنه بشكلٍ ملحوظ. وقد تحسّنت يـــده في هذه الفترة القصيرة، إلى حدّ أنهم "جعلوني أكتب اسمي بيدي اليمنى بقلم رصاص بشكلٍ يمكنني تمييزه – وهو أمرٌ مذهل". يستمر جيرمي في ممارسة التمارين ويستمرّ في التحسّن. فبعد ثلاث سنوات من مغادرة العيادة، لم يقع إلا سبع مرات. يقـــول: "لقد واصلت التحسّن بعد ثلاث سنوات. وبسبب التمارين، أنا في حالة جسدية لائقة أفضل بكثيرٍ جداً من تلك التي غادرت بها عيادة تاوب".

يوضِّـــح تحـــسُّن جيرمي في عيادة تاوب أننا يجب أن نكون، بسبب لدونة الدماغ وقدرته على إعادة تنظيم نفسه، بطيئين في توقُّع مدى التقدُّم الذي قد يبلغه

مـــريضٌ مُحفَّز مصاب بسكتة دماغية في منطقة حسّية أو حركية، بغضّ النظر عن الفترة الزمنية التي عاشها المريض مُعانياً من هذا العجز. نظراً لأنّ الدماغ يتبع قاعدة "اســتعمله أو اخسره"، فقد نفترض أنّ المناطق الأساسية في دماغ جيرمي المسؤولة عـــن التوازن، والمشي، واستعمال اليد، ستكون قد تلاشت كلياً، وبالتالي فإنّ أية معالجـــة إضـــافية ستكون عديمة الجدوى. ولكن، رغم أنّ هذه المناطق قد تلاشت بالفعـــل، إلا أنّ دماغـــه كان قادراً، لدى تزويده بالمُدخلات الملائمة، على إعادة تنظـــيم نفـــسه وإيجاد طريقةٍ جديدة لتأدية الوظائف المفقودة، وهو ما نستطيع أن نؤكّده الآن بمسح الدماغ.

أوضح تاوب، وجوشيم ليبرت، وزملاء لهم من جامعة جينا في ألمانيا، أنّ خريطة الدماغ لذراعٍ مصابة من جراء سكتة دماغية تتقلّص بمقدار النصف تقريباً، وبالتالي فإنّ مـــريض السكتة الدماغية ليس لديه إلا نصف العدد الأصلي من العصبونات لاستخدام ذراعه. يعتقد تاوب أنّ هذا هو السبب وراء ما ينقله مرضى السكتات الدماغية من أنّ اســـتعمال الذراع المصابة يتطلّب مزيداً من الجهد. ليس ضمور العضلات فقط هو ما يجعـــل الحركة أصعب، بل أيضاً ضمور الدماغ. عندما يعيد علاج CI المنطقة الحركية للدماغ إلى حجمها الطبيعي، يصبح استخدام الذراع أقلّ إجهاداً.

تـــؤكّد دراســـتان أنّ عـــلاج CI يعيد خريطة الدماغ المتقلّصة إلى حجمها الطبيعـــي. تمّ في إحدى الدراستين قياس خرائط الدماغ لستة من مرضى السكتات الدماغية الذين شُلّت أيديهم وأرجلهم لستّ سنوات تقريباً، وهي فترة طويلة جداً لا يمكـــن معهـــا توقّـــع أي شفاء تلقائي. بعد علاج CI، تضاعف حجم خريطة الدماغ التي تسيطر على حركة اليد[20]. وأظهرت الدراسة الثانية أنّ التغيّرات يمكن أن تُرَى في نصفَي الكرة الدماغية، الأيمن والأيسر، على حدّ سواء، ما يوضّح مدى انتـــشارية تغيّـــرات اللدونة العصبية[21]. هاتان الدراستان هما الأوليان في توضيح إمكانـــية تغيير بنية الدماغ في مرضى السكتات الدماغية استجابةً لعلاج CI، وهما تزوّداننا بتلميح للكيفية التي شُفي بها جيرمي.

يدرس تاوب حالياً المدة الأفضل للتدريب. وقد بدأت تصله تقارير من أطباء سريريين بأنّ ثلاث ساعات في اليوم قد تثمر نتائج جيدة وأنّ زيادة عدد الحركات في الساعة هو أفضل من الخضوع لستّ ساعات مُنهِكة من العلاج.

إنّ ما يجدّد الاتصالات الكهربائية في أدمغة المرضى ليس القفازات والأربطة الخاصة بالطبع. فرغم أنّ هذه تُجبر المرضى على استعمال أذرعهم المصابة، إلا أنّ جوهر العلاج هو التدريب **التزايدي** أو التشكيل، الذي تزداد صعوبته تدريجياً مع الوقت. يساعد "التدريب المكثّف" - ممارسة قدر استثنائي من التمرين في فترة أسبوعين فقط - على تجديد الاتصالات الكهربائية في أدمغة المرضى باستحثاث تغيّرات لدنة. لا يكون تجديد الاتصالات الكهربائية مثالياً بعد حدوث موتٍ دماغي جسيم، حيث يجب أن تتولّى عصبونات جديدة أمر القيام بالوظائف المفقودة، وقد لا تكون فعالة تماماً بقدر العصبونات القديمة[22]. ولكنّ التحسّنات يمكن أن تكون ملحوظة مثل تلك المُشاهدَة في حالة الدكتور بيرنشتين - وفي حالة نيكول فون رودن، وهي إمراةٌ لم تُصب بسكتة دماغية، بل بنوعٍ آخر من التلف الدماغي.

نيكول فون رودن هي من ذلك النوع من الأشخاص الذي يبعث الحياة في المكان لحظة دخوله إليه. وُلِدت نيكول في العام 1967، واشتغلت معلّمة في مدرسة ابتدائية ومنتجة لمحطة *CNN* وللبرنامج التلفزيوني **التسلية الليلة** *Entertainment Tonight*. وقامت بعملٍ تطوّعي في مدرسة للمكفوفين، ومع أطفال مصابين بالسرطان، وآخرين مصابين بالإيدز. كانت جسورة ونشيطة، وقد أحبّت ركوب الطوافات وقيادة الدراجة في الجبال واشتركت في سباق ماراثون وذهبت إلى بيرو لتقطع ممرّ إنكا سيراً على الأقدام.

وفي أحد الأيام، حين كانت في الثالثة والثلاثين من عمرها، ومخطوبة استعداداً للزواج، وتعيش في شل بيتش في كاليفورنيا، ذهبت نيكول إلى طبيب عيون تشكو من رؤية مزدوجة تزعجها منذ شهرين. وحيث أقلقه الأمر، فقد أرسلها الطبيب فوراً لإجراء مسح *MRI* في اليوم نفسه. وبعد الانتهاء من مسح الدماغ، أُدخلت نيكول إلى المستشفى، وأُخبرت في اليوم التالي، 19 كانون الثاني/يناير 2000، أنّها تعاني من ورمٍ دماغي نادر لا يمكن استئصاله جراحياً يُعرف باسم الورم الدبقي، وذلك في جذع الدماغ، وهو المنطقة التي تتحكّم بالتنفّس، وأنّها لن تعيش أكثر من ثلاثة إلى تسعة أشهر.

قام والدا نيكول بأخذها على الفور إلى مستشفى جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو. وفي ذلك المساء، أخبرها رئيس قسم جراحة الأعصاب أنّ أملها

الوحـيد لتبقى على قيد الحياة هو تلقّي جرعات ضخمة من الإشعاع، لأنّ سكين الجرّاح في تلك المنطقة سيقتلها حتماً. وفي صباح يوم 21 كانون الثاني/يناير تلقّت نـيكول جرعتها الأولى من الإشعاع، ثم، على مدى الأسابيع الستة التالية، تلّقت أكبر قدرٍ من الإشعاع يمكن لإنسان أن يحتمله، إلى حدّ أنها لا يمكن أن تخضع أبداً لعلاج بالإشعاع مرة أخرى. أُعطيتّ نيكول أيضاً جرعات عالية من الستيرويدات لتقليل الانتفاخ في جذع دماغها، الذي يمكن أيضاً أن يكون مميتاً.

أنقـذ الإشعاع حياتها ولكنه كان أيضاً بدايةً لبلايا جديدة. تقول نيكول: "بعد أسبوعين أو ثلاثة من بدء علاجي بالإشعاع، بدأت أشعر بوخزٍ في قدمي اليمنى. ومع الـوقت، امـتدّ هذا الوخز على طول الجانب الأيمن من جسمي، وصولاً إلى ركبتي، ووركي، وجذعي، وذراعي، ثمّ إلى وجهي". وهكذا أصبحت نيكول مشلولة وبدون إحـساس في كامل جانبها الأيمن، ولأنها كانت تستعمل يمناها عادةً، فقد كان عجزها عـن استخدام تلك اليد حاسماً. تقول: "ازداد الأمر سوءاً. لم يكن بإمكاني الجلوس أو حـتى التقلّب في السرير. وعجزت عن الوقوف على رِجلي التي كانت خدرة تماماً". وسـرعان مـا قـرّر الأطباء أنّ ما أتلف دماغ نيكول ليس سكتة دماغية، وإنما تأثير جانبـي وخيم للإشعاع. تقول نيكول: "واحدةٌ من سخريات القدر الصغيرة".

غـادرت نيكول المستشفى إلى منـزل والديها. تقول: "كان لا بدّ من دفعي في كرسـي مـدولب، وإنـزالي من السرير وحملي إليه، ومساعدتي في الجلوس والـنهوض". كانـت قادرةً على تناول الطعام بيدها اليسرى، ولكن ليس قبل أن يقيّدها والداها إلى كرسي بملاءة لمنعها من الوقوع، الذي كان خطراً بصورة خاصة لأنهـا لم تكـن تـستطيع أن تتّقي الوقعة بذراعيها. ومع انعدام الحركة المتواصل وجـرعات الستيرويد، نقص وزنها من 57 كلغ إلى 41 كلغ وأصبح وجهها، وفقاً لتعبيرها، مثل "وجه يقطينة". تسبّب الإشعاع أيضاً في تساقط كُتَلٍ من شعرها.

كانـت نيكول محطّمة نفسياً وقد آلمها تحديداً الحزنُ الذي كان مرضها يسبّبه للآخـرين. وعلـى مـدى ستة أشهر، أصبحت نيكول مكتئبة للغاية إلى حدّ أنها تـوقّفت عن الكلام أو حتى عن الجلوس في السرير. تقول: "أنا أتذكّر هذه الفترة، ولكني لا أفهمها. أتذكّر أني كنت أراقب الساعة، منتظرةً مرور الوقت أو النهوض لتناول الطعام، لأنّ والديّ أصرّا على ضرورة تناولي لثلاث وجبات في اليوم".

كان والداها متطوِّعَين في وكالة *Peace Corps* الأميركية وتمثّل موقفهما في شعار "لا شيء مستحيل". توقّف والدها، وهو طبيب عام، عن ممارسة الطبّ ولازم البيت للاعتناء بها رغم احتجاجاتها، وكان يصطحبها هو ووالدتها إلى السينما أو للتنزه على طول المحيط في كرسيها المدولب ليبقياها على اتّصال بالحياة. تقول: "أخبراني أني سأجتاز محنتي، وأنّ كل هذا سيزول". وفي غضون ذلك، كان الأصدقاء والأقرباء يبحثون عن معلومات حول العلاجات الممكنة. وأخبر أحدهم نيكول عن عيادة تاوب، وقرّرت أن تخضع لعلاج CI.

وفي عيادة تاوب، أُعطيت نيكول قفازاً لتلبسه على يدها اليسرى، كي لا تتمكّن من استعمالها. وقد وجدت أنّ فريق العمل كان قاسياً في هذا الشأن. تضحك وتقول: "قاموا بشيء مضحك في الليلة الأولى". عندما رنّ جرس الهاتف في الفندق الذي كانت تمكث فيه مع أمها، خلعت نيكول قفازها فوراً وأجابت الهاتف بعد رنّة واحدة. "وتمّ توبيخي على الفور من قِبَل اختصاصية المعالجة. كانت تتّصل لتختبرني، وأدركتْ حين أجبتُ الهاتف بعد رنّة واحدة أني لم أكن أستخدم ذراعي المصابة. لقد أخفقتُ في أول امتحان".

لم تستعمل نيكول قفازاً فحسب. تقول: "لأني أتكلّم بيديّ، ولأني قصّاصة، فقد اضطّروا إلى ربط قفازي برِجلي بشريط فلكرو، وهو ما وجدته مضحكاً جداً".

"عُيِّن لكل واحد منا معالِج واحد. وكانت مُعالِجتي كريستين". بوجود القفاز على يدها السليمة، كانت نيكول تحاول أن تكتبَ على لوحٍ أبيض أو أن تطبع على لوحة مفاتيح بيدها المشلولة. اشتمل أحد التمارين على وضع رقائق معدنية في علبة شوفان كبيرة. ومع انتهاء الأسبوع الأول كانت نيكول تضع الرقائق في شقٍّ صغير في علبة كرة تنس. ومرةً بعد أخرى، كانت تكدّس حلقات ملوّنة على قضيب خشبي، أو تثبّت ملاقط غسيل على عصا ياردية، أو تحاول أن تغرز شوكة في عجينة وتقرّبها إلى فمها. ساعدها الموظّفون في البداية، ثم أصبحت تقوم بالتمارين وحدها بينما وَقَّتت لها كريستين باستخدام ساعة توقيت. وفي كل مرة كانت نيكول تُنجز مهمةً وتقول: "كان هذا أفضل ما أمكنني عمله"، كانت تجيبها كريستين بالقول: "لا، بإمكانك أن تقومي بأفضل من ذلك".

تقــول نــيكول: "كان مذهلاً بالفعل مقدار التحسّن الذي حدث في خمس دقائق فقط! ثمّ على مدى الأسبوعين التاليين - شيء مزلزل حقاً. هم لا يسمحون لأحــد أن يقــول "لا أستطيع". كانت عملية إدخال الأزرار محبطة إلى حدّ فظيع بالنــسبة إلي، وبدت كمهمة مستحيلة. كنت قد أقنعت نفسي بأني أستطيع اجتياز الحــياة بدون أن اضطّر أبداً إلى القيام بذلك مرةً أخرى. ولكن ما تتعلّمه في نهاية الأسبوعين، وأنت تزرّر وتفكّ أزرار معطف المختبر بسرعة، هو أنّ توجُّهك العقلي بأكمله يمكن أن يتغيّر بشأن ما أنت قادرٌ على القيام به".

بعــد انــتهاء الأسبوع الأول من دورة العلاج، قرّر جميع المرضى أن يذهبوا لتناول العشاء في مطعم. تقول نيكول: "لقد أحدثنا فوضى بكل تأكيد على المائدة. كــان النُدُل قد شاهدوا مرضى عيادة تاوب من قبل، ولهذا لم يفاجئهم ما رأوه. كان الطعام يتطاير، بينما كنا جميعاً نحاول أن نأكل بأيدينا المصابة. كنا ستة عشر، وكــان الوضــع مسلياً جداً. ومع نهاية الأسبوع الثاني، أصبحت أعدّ القهوة فعلياً بيدى المصابة. كانوا يقولون لي عندما أطلب القهوة: 'خمّني ماذا؟ عليك أن تعدّيها بنفسك'. وكان عليّ أن أغرفها وأضعها في الآلة وأملأها بالماء، وكنت أقوم بكل هذا بيدي المصابة".

وسألتُها عن شعورها لدى مغادرتها عيادة تاوب.

أجابت: "مُجدَّدة كلياً، عقلياً أكثر مني جسدياً. لقد أعطتني الإرادة لأتحسّن، وأعــيش حــياة طبيعــية". لم تكن قد عانقت أحداً بذراعها المصابة طوال ثلاث ســنوات، ولكــنها الآن أصبحت قادرةً على ذلك. تقول: "أنا معروفة بمصافحتي الــضعيفة، ولكني أصافح. أنا لا أقذف رمحاً بذراعي، ولكني أستطيع أن أفتح باب الــبرّاد، وأن أطفئ النور أو أغلق الحنفية، وأن أضع الشامبو على رأسي". تتيح لها هــذه التحــسّنات "الصغيرة" أن تعيش وحدها وأن تقود سيارتها إلى العمل على الطــريق السريع واضعةً كلتا يديها على المقود. بدأت نيكول تسبح، وفي الأسبوع الذي سبق حديثنا معاً، ذهبت للتزلّج المتوازي بدون قوائم في أوتاه.

وخلال كامل محنتها، تابع مدراؤها وزملاؤها في الــ*CNN* وبرنامج **التسلية الليــلة** تقــدّمها وساعدوها مالياً. وعندما عُرِضت عليها وظيفة مستقلة في *CNN* نــيويورك، قبلتها على الفور، ثمّ لم تمضِ أشهر حتى كانت تعمل بداومٍ كامل مرة

أخرى. وفي 11 أيلول 2001، كانت نيكول تقف في مكتبها تنظر خارج النافذة وشاهدت الطائرة الثانية وهي تصطدم بمركز التجارة العالمي. وفي هذه الأزمة، اختيرت نيكول لغرفة الأخبار والقصص، وهو اختيارٌ ربما فُسِّر، تحت ظروفٍ أخرى، بأنه نابعٌ من مراعاة الغير "لاحتياجاها الخاصة". ولكنه لم يكن كذلك. كان الموقف: "أنت تملكين عقلاً جيداً. استخدميه". ولعلّ هذا، كما تقول نيكول، "كان أفضل شيء أقوم به".

وبانتهائها من تلك الوظيفة، عادت نيكول إلى كاليفورنيا وإلى التدريس في المدرسة الابتدائية. وقد تعلّق بها الأطفال على الفور، حتى أنهم خصّصوا يوماً لها أسموه "يوم الآنسة نيكول فون رودن"، خرج فيه الأطفال من حافلاتهم المدرسية وهم يلبسون قفازات طبخ، مثل تلك الموجودة في عيادة تاوب، ولم يخلعوها طوال اليوم. ومزحوا بشأن كتابتها ويدها اليمنى الضعيفة، فجعلتهم يكتبون بأيديهم الأضعف أو غير المهيمنة، "ولم يكن مسموحاً لهم أن يقولوا كلمة 'لا أستطيع'. لقد كان لديّ بالفعل معالِجون صغار، حيث جعلني طلاب الصفّ الأوّل أرفع يدي فوق رأسي بينما يعدّون. وكان عليّ أن أرفعها لمسافةٍ أعلى كل يوم... كانوا صارمين".

تعمل نيكول الآن بدوامٍ كامل كمنتجة للبرنامج التلفزيوني **التسلية الليلة**. يتضمّن عملها كتابة النصوص، ومراجعة الحقائق، وتنسيق تصوير المشاهد (كانت مسؤولة عن تغطية محاكمة مايكل جاكسون). إنّ المرأة التي كانت عاجزةً عن التقلُّب في السرير، تذهب الآن إلى عملها الساعة الخامسة صباحاً وتعمل أكثر من 54 ساعة في الأسبوع. لا تزال نيكول تشعر ببعض الوخز والضعف في جانبها الأيمن، ولكنها تستطيع أن تحمل الأشياء بيدها اليمنى، وأن ترتدي ثيابها بنفسها، وأن تعتني بنفسها بشكلٍ عام. وقد عادت لمساعدة الأطفال المصابين بالإيدز.

طُبِّقت **مبادئ علاج الحركة المُستحثّة بالتقييد** (CI) بواسطة فريق يرأسه الدكتور فريديمان بولفرمولر في ألمانيا، الذي عمل مع تاوب لمساعدة مرضى السكتات الدماغية الذين أُصيبوا بتلفٍ في منطقة بروكا وفقدوا القدرة على الكلام[23]. يعاني حوالى 40 بالمئة من المرضى الذين اختبروا سكتة دماغية في نصف الكرة الدماغية الأيسر من الحُبسة (فقد القدرة على الكلام). والبعض منهم، مثل مريض

الحُبسة الشهير "تان"، يستطيع استخدام كلمة واحدة فقط، بينما يستطيع آخرون أن يتفوّهوا بكلمات أكثر ولكن بصورة محدودة جداً. يتحسّن بعض المرضى بالفعل تلقائياً أو يسترجعون بعض الكلمات. ولكن، بشكلٍ عام، كان الاعتقاد دوماً أنّ أولئك الذين لم يتحسّنوا في غضون سنة، لن يفعلوا أبداً.

ما هو المكافئ لوضع قفاز على الفم أو معلاق على الكلام؟ من شأن مرضى الحُبسة، كما هم مرضى السكتات الدماغية الذين شُلّت أذرعهم، أن يعتمدوا على المكافئ لذراعهم "السليمة"، حيث يلجأون إلى الإيماءات أو الرسم. وإذا كان باستطاعتهم أن يتكلّموا، فمن شأنهم أن يقولوا ما هو أسهل بالنسبة إليهم مراراً وتكراراً.

إنّ "القيد" الذي يُفرَض على المصابين بالحُبسة ليس فيزيائياً، ولكنه حقيقي بنفس الدرجة: سلسلة من قوانين اللغة. وبما أنّ السلوك يجب أن يُشكَّل، فإنّ هذه القوانين تُطبَّق تدريجياً. يلعب المرضى لعبة بطاقات علاجية، يشترك فيها أربعة أشخاص باثنتين وثلاثين بطاقة مؤلّفة من ستّ عشرة صورة مختلفة، بحيث إنّ هناك بطاقتين لكل صورة. يجب على المريض الذي يحمل بطاقة عليها صورة صخرة مثلاً أن يسأل الآخرين عن نفس الصورة. والشرط الوحيد في البداية هو أن لا يشيروا بأصابعهم إلى البطاقة، كي لا يعزّزوا "عدم الاستعمال المُتعلّم"، ولكن لهم الحرية في استخدام أي نوعٍ من المواربة طالما أنه لفظي. على سبيل المثال، إذا أرادوا بطاقة عليها صورة شمس، وعجزوا عن إيجاد الكلمة، فبإمكانهم أن يقولوا: "الشيء الذي يجعلك تشعر بالحرّ في وضح النهار". وحالما يحصلون على بطاقتين تحملان نفس الصورة، يمكنهم طرحهما. والفائز هو اللاعب الذي يتخلّص من جميع بطاقاته أولاً.

أما المرحلة الثانية فتتمثّل في تسمية الشيء بصورة صحيحة. يجب عليهم الآن أن يطرحوا سؤالاً دقيقاً، مثل "هل يمكنني الحصول على بطاقة الشمس؟" ثم يجب عليهم أن يضيفوا اسم الشخص مع ملاحظة مهذّبة: "السيد شميدت، هل يمكنني رجاءً أن أحصل على نسخة من بطاقة الشمس؟" وفي مراحل متقدّمة من التدريب يتمّ استخدام بطاقات أكثر تعقيداً، تشتمل على ألوان وأرقام؛ على سبيل المثال، بطاقة عليها صورة ثلاثة جوارب زرقاء وصخرتين. يُثنى على المرضى في البداية

لإنجازهم مهام بسيطة. ومع تقدّمهم في التدريب، يقتصر الثناء فقط على إنجاز المهام الأصعب.

أخذ الفريق الألماني على عاتقه علاج فئة تنطوي على تحدٍّ كبير - مرضى أُصيبوا بسكتات دماغية قبل ما معدّله 8.3 سنة، وهم المرضى الذين فقد معظم الأطباء الأمل في شفائهم. قام الفريق بدراسة سبعة عشر مريضاً حصل سبعة منهم على علاجٍ تقليدي قاموا فيه بتكرار كلمات فقط، بينما حصل العشرة الآخرون على علاج CI للّغة، حيث امتثلوا لقوانين لعبة اللغة ثلاث ساعات في اليوم لعشرة أيام. تدرّب المرضى في المجموعتين لنفس العدد من الساعات، قبل أن يخضعوا لاختبارات لغة قياسية. بعد اثنتي وثلاثين ساعة تدريب في عشرة أيام، حقّقت المجموعة الخاضعة لعلاج CI زيادةً في التواصل نسبتها 30 بالمئة، أما مجموعة العلاج التقليدي فلم تحقّق شيئاً[24].

اكتشف تاوب، استناداً إلى عمله المتعلّق باللدونة، عدداً من مبادئ التدريب: 1) يكون التدريب فعالاً أكثر إذا كانت المهارة ترتبط بشكلٍ وثيق بالحياة اليومية؛ 2) يجب زيادة التدريب تدريجياً؛ 3) يجب تركيز العمل ضمن فترة زمنية قصيرة، وهي تقنية تدريب يُطلق عليها تاوب اسم "التدريب المكثّف"، والتي قد وجدها أكثر فاعلية بكثير من التدريب الطويل الأمد الأقلّ تكراراً.

يُستخدَم العديد من نفس هذه المبادئ في التعلّم "الغمري" للغة أجنبية. كم منا درس مقرّرات لغة على مدى سنوات ولم يتعلّم اللغة بقدر ما فعل عندما ذهب إلى البلد نفسه و"غمر" نفسه في اللغة لفترة أقصر بكثير؟ إنّ الوقت الذي نقضيه مع الناس الذين لا يتكلّمون لغتنا الأمّ، مُجبرين إيانا على تكلّم لغتهم، هو "القيد" في هذه الحالة. يتيح لنا الغمر اليومي أن نحصل على "تدريب مكثّف"، وتقترح لكنتنا للآخرين أنهم قد يضطّرون إلى استخدام لغة أبسط معنا، وبالتالي يتمّ تحدّينا، أو تشكلينا، على نحوٍ تزايدي تدريجي. يُمنَع عدم الاستعمال المُتعلَّم، لأنّ بقاءنا يعتمد على التواصل.

طبّق تاوب مبادئ الاستحثاث بالتقييد CI على عدد من الاضطّرابات الأخرى، حيث قد بدأ يعمل مع أطفال مصابين بالشلل الدماغي[25]، وهو عجز مأساوي معقّد يمكن أن ينشأ عن تلفٍ في الدماغ النامي سببه إنتان، أو سكتة

دماغـــية، أو نقص في الأكسجين أثناء الولادة، ومشاكل أخرى. لا يستطيع هؤلاء الأطفـــال غالـــباً أن يمشوا ويبقون محتجزين في كراسي مدولبة طوال عمرهم، ولا يستطيعون الكلام بوضوح أو التحكّم بحركاتهم، ولديهم أذرع ضعيفة أو مشلولة. قبل علاج CI، اعتُبِر علاج الأذرع المشلولة لهؤلاء الأطفال غير فعال بشكلٍ عام. قـــام تاوب بدراسة خضع فيها نصف الأطفال لعلاج إعادة تأهيل تقليدي وتلقّى النـــصف الآخـــر علاج CI، حيث وُضِعت أذرعهم ذات الأداء الأفضل في قالب زجـــاج مغـــزول خفيف. اشتمل علاج CI على فرقعة فقاعات صابون بأصابعهم المصابة، وضرب كرات مرة بعد مرة لإدخالها في حفرة، والتقاط قِطَع "بازل". وفي كـــل مرة كان الأطفال ينجحون فيها، كانوا يُغدَقون بالمديح ومن ثمّ يُشجَّعون في اللعـــبة التالية على تحسين الدقة، والسرعة، وسلاسة الحركة، حتى لو كانوا مُتعبين. أظهـــر الأطفـــال تحسُّناً استثنائياً في فترة تدريب استمرت ثلاثة أسابيع، حيث بدأ بعـــضهم يزحف للمرة الأولى، واستطاع طفلٌ عمره ثمانية عشر شهراً أن يزحف أعلـــى الـــدرجات ويستخدم يده ليضع طعاماً في فمه لأوّل مرّة. وبدأ طفلٌ آخر عمـــره أربع سنوات ونصف في اللعب بالكرة، رغم أنه لم يستخدم ذراعه أو يده قبل ذلك **أبداً**. ثمّ كان هناك فريدريك لينكولن.

اختبر فريدريك سكتةً دماغية جسيمة عندما كان في رحم أمه. وحين كان عمـــره أربعـــة أشـــهر ونصف، بات واضحاً لأمه أنّ هناك شيئاً خاطئاً. تقول: "لاحظـــت أنه لم يكن يفعل ما يفعله الصبيان الآخرون في مركز الرعاية النهارية. كـــان بإمكانهم أن يجلسوا منتصبين ويحملوا قنينتهم، بينما عجز طفلي عن ذلك. أدركـــت أنّ هـــناك شيئاً خاطئاً ولكني لم أعرف ماذا أفعل". كان كامل الجانب الأيـــسر من جسمه مصاباً: لم تعمل ذراعه ورجله كما يجب. أما عينه فقد تدلّت ولم يكـــن بإمكانـــه أن يشكّل أصواتاً أو كلمات لأنّ لسانه كان مشلولاً جزئياً. عجز فريدريك عن الزحف أو المشي كالأطفال الآخرين في مثل عمره، ولم يستطع الكلام حتى سنّ الثالثة.

وحـــين أتمّ فـــريدريك الشهر السابع من عمره، أصابته نوبة وجُذبت ذراعه اليـــسرى إلى أعلى صدره وتعذّر سحبها. أظهر مسح الدماغ *MRI* أنّ ربع دماغه كان ميّتاً، وأخبر الطبيب أمه أنه "على الأرجح لن يزحف أو يمشي أو يتكلّم أبداً".

اعتقد الطبيب أنّ السكتة الدماغية قد حصلت في الأسبوع الثاني عشر تقريباً من بدء الحمل.

شُخِّص مرض فريديريك على أنه شلل دماغي مع شلل في الجانب الأيسر من جسمه. استقالت والدته من عملها في محكمة المقاطعة الفدرالية لتكرّس وقتها كله لفريدريك، ما تسبّب بضيقٍ مالي كبير للعائلة. أثّر عجز فريدريك أيضاً على شقيقته ذات الثمانية أعوام ونصف.

تقول أمه: "كان عليّ أن أشرح لشقيقته أنّ شقيقها الجديد لن يكون قادراً على العناية بنفسه، وأني سأتولّى بنفسي هذه المهمة، وأننا لا نعرف كم سيستمرّ هذا الوضع. ولا نعرف حتى إن كان فريدريك سيتمكّن أبداً من العناية بنفسه". وعندما كان عمر فريدريك ثمانية عشر شهراً، سمعت أمه بعيادة تاوب للراشدين وسألت إن كان بالإمكان معالجة فريدريك. ولكن كان عليها الانتظار عدة سنوات ريثما تكون العيادة قد طوّرت برنامجاً للأطفال.

كان عمر فريدريك أربع سنوات عندما ذهب إلى عيادة تاوب للمرة الأولى. كان قد أحرز بعض التقدّم باستخدام المقاربات التقليدية، حيث استطاع أن يمشي بسناد رِجل وأن يتكلّم بصعوبة، ولكنّ تقدّمه بلغ مستوىً معيناً وتوقّف عنده. استطاع فريدريك أن يستخدم ذراعه اليسرى ولكن ليس يده اليسرى. ولأنه كان لا يستطيع أن يضمّ إبهامه وسبابته مثل فكّي كمّاشة ولا يستطيع أن يلمس بإبهامه أياً من أصابعه الأخرى، فقد كان عاجزاً عن التقاط كرة وحملها في راحة يده، واضطّر إلى استخدام راحة يده اليمنى وظهر يده اليسرى للقيام بذلك.

لم يرد فريدريك في البداية أن يشترك في العلاج وأظهر التمرّد، آكلاً البطاطا المهروسة باليد المقيّدة بدلاً من أن يحاول استخدام يده المصابة.

من أجل ضمان خضوع فريدريك لعلاجٍ مستمر على مدى واحد وعشرين يوماً دون انقطاع، تمّ تطبيق علاج CI خارج عيادة تاوب. تقول أُمه: "طُبِّق العلاج في مركز الرعاية النهارية، والبيت، والكنيسة، ومنزل الجدّة، وفي أي مكان نكون فيه. كانت المعالِجة تذهب معنا في السيارة إلى الكنيسة، وتدرّب يده في السيارة ريثما نصل. ثم كانت تذهب معه إلى صفّ مدرسة الأحد، وتعمل وفقاً

لمشاريعنا. كانت تقضي معظم الأيام من الاثنين إلى الجمعة في مركز الرعاية النهارية مع فريدريك. كان يعلم أننا نحاول أن نجعل 'يده اليسرى' أفضل".

وبعد تسعة عشر يوماً فقط من الخضوع لعلاج CI، طوّرت يده اليسرى "قبضة كمّاشة". تقول أمه: "والآن، يستطيع فريدريك أن يقوم بأي شيء بيده اليسرى، ولكنها أضعف من اليمنى. بإمكانه أن يفتح حقيبة *Ziploc*، وأن يمسك مضرب بيسبول. وهو يستمرّ في التحسّن كل يوم، وقد تحسّنت مهاراته الحركية بصورة هائلة. بدأ هذا التحسُّن أثناء المشروع مع عيادة تاوب واستمرّ منذ ذلك الحين. لا أستطيع أن أفكّر في أي شيء أفعله له عدا عن كوني والدة نموذجية، بقدر ما يعنيه ذلك من إسداء العون له". ونظراً لأنّ فريدريك أصبح مستقلاً أكثر، فقد تمكّنت أمه من العودة للعمل.

فريدريك الآن في الثامنة من عمره، وهو لا ينظر لنفسه كعاجز. فهو يستطيع أن يركض، ويمارس عدداً من الألعاب الرياضية، من ضمنها الكرة الطائرة، ولكنّ البيسبول كانت دوماً لعبته المفضّلة.

كان تقدُّم فريدريك استثنائياً. اختُبِر للدخول في فريق البيسبول العادي - وليس الفريق الخاص بالأطفال المعوّقين - ونجح. تقول أمه: "لعب بشكلٍ رائع في الفريق بحيث تمّ اختياره من قِبَل المدرِّبين لفريق 'كل النجوم'. لقد بكيت لساعتين عندما أخبروني بذلك". فريدريك أيمن ويمسك المضرب بشكلٍ طبيعي. هو يعجز أحياناً عن إحكام قبضته اليسارية، ولكنّ يده اليمنى قوية جداً الآن بحيث إنه يستطيع أن يُسدِّد ضربةً بيد واحدة.

تتابع أمه: "لعب فريدريك في العام 2002 في شعبة البيسبول للأطفال بين عمري الخامسة والسادسة، ولعب في خمسٍ من ألعاب 'كل النجوم'، وفاز في ثلاث منها، ثمّ فاز بلقب البطولة. كان المشهد مرعباً. لقد سجلته كله على شريط فيديو".

* * *

إنّ حكاية سعادين سيلفر سبرينغ واللدونة العصبية لم تنته بعد. مرّت سنوات منذ أن صودرت السعادين من مختبر تاوب. ولكن في غضون ذلك، بدأ علماء الأعصاب يقدِّرون اكتشافات تاوب الذي كان سبّاقاً دوماً. وهذا الاهتمام الجديد

في عمـــل تاوب وفي السعادين نفسها، قاد إلى واحدةٍ من أهمّ تجارب اللدونة التي أُجريت أبداً.

أوضـــح ميرزنيـــتش في تجاربـــه أنه عند إيقاف المُدخلات الحسّية من أحد الأصـــابع، فإنّ تغيّرات خريطة الدماغ تحدث نموذجياً في 1 إلى 2 ملم من القشرة. وخمّـــن العلمـــاء أنّ التفـــسير المحتمل لهذا القدر من التغيّر اللدن هو نموّ الغصون العصبونية الفردية. تُنبت عصبونات الدماغ، لدى تلفها، براعم صغيرة، أو غصون، لتتّـــصل بعـــصبونات أخرى. فإذا مات عصبون أو لم تصله مُدخلات حسّية، فإنّ الغـــصون لعصبونٍ مجاور تكون قادرةً على النموّ بقدر 1 إلى 2 ملم لتُعوِّض. ولكن إذا كانت هذه هيَ الآلية التي يحدث بها التغيّر اللدن، فإنّ التغيّر يكون مقتصراً على العـــصبونات القليلة القريبة من العصبونات التالفة. يمكن أن يكون هناك تغيّر لدن بين قطاعات الدماغ المتجاورة وليس بين القطاعات البعيدة عن بعضها بعضاً.

اشـــتغل زميل ميرزنيتش في جامعة فاندربلت، ويُدعَى جون كاس، مع طالبٍ يُدعَـــى تيم بونس أقلقه أمر حدّ التغيّر اللدن المحصور بواحد إلى اثنين مليمتر. هل كـــان ذلك فعلاً هو الحدّ الأعلى للتغيّر اللدن؟ أو هل لاحظ ميرزنيتش ذلك القدر فقـــط من التغيُّر بسبب تقنيته التي اشتملت في بعض التجارب الأساسية على قطع عصب واحد فقط؟

تـــساءل بونس عمّا قد يحدث في الدماغ إذا تمّ قطع كل الأعصاب في اليد؟ هـــل ســـيحدث التغيّر في أكثر من 1 إلى 2 مليمتر من القشرة؟ وهل يمكن رؤية تغيّرات بين قطاعات الدماغ؟

إنّ الحـــيوانات الـــتي يمكـــن أن تزوّد بإجابة لهذا السؤال هي سعادين سيلفر ســـبرينغ، لأنهـــا الوحيدة التي أمضت اثنتَي عشرةً سنة بدون مُدخلات حسّية إلى خـــرائط أدمغـــتها. ومن سخرية القدر أنّ تدخُّل *PETA* لسنوات عديدة كان قد جعـــل هـــذه السعادين قيّمة بازدياد للمجتمع العلمي. إذا كان هناك حيوان لديه إعـــادة تنظـــيم قـــشرية هائلـــة يمكن رسم خريطة لها، فسيكون واحداً من هذه السعادين.

ولكن لم يكن واضحاً من يملك السعادين، رغم أنها كانت في وصاية **المعاهد الوطنـــية للـــصحة** *NIH*. فقد أصرّت المؤسسة أحياناً أنها لا تملك السعادين، ولا

تَجــرُؤ على إجراء تجارب عليها لأنها كانت مركز اهتمام حملة *PETA* الهادفة إلى إطــلاق ســراحها. ولكــنّ المجتمع العلمي الجدّي، بما فيه *NIH*، كان الآن مُبرماً بازدياد بحملات *PETA*. وفي العام 1987، رفعت *PETA* قضية وصاية إلى المحكمة العليا، ولكنّ المحكمة رفضت الاستماع إليها.

ومع تقدّم السعادين في العمر، بدأت صحتها تتدهور، وفقد أحدها، ويُدعى بــاول، الكــثير من وزنه. بدأت *PETA* تضغط على *NIH* من أجل القتل الرحيم للــسعدان، وسعت إلى الحصول على قرار من المحكمة لإجبارها على القيام بذلك. وفي كانــون الأول (ديسمبر) من العام 1989، بدأ سعدانٌ آخر، يُدعَى بيلي، يعاني ويحتضر.

مورتيمر ميشكين هو رئيس جمعية علم الأعصاب ورئيس مختبر السيكولوجيا العــصبية في معهــد الــصحة العقلية التابع للمعاهد الوطنية للصحة *NIH*. كان ميــشكين قد عاين قبل ذلك بسنوات تجربة تعطيل الجذبان المركزي الأولى لتاوب الــتي قلبت النظرية الانعكاسية لشرينغتون رأساً على عقب. وقد وقف إلى جانب تاوب خلال قضية سعادين سيلفر سبرينغ وكان واحداً من القلائل الذين عارضوا قطع منحة *NIH* عن تاوب. التقى ميشكين بونس واتّفقا أنه عندما يُصار إلى القتل الــرحيم للــسعادين، سيقومان بتجربة أخيرة. كان ذلك قراراً شجاعاً، لما بدا من تأيــيد الكونغــرس لــ *PETA*. كانً العالمان مدركَين جيداً أنّ *PETA* قد يُجنّ جــنونها، ولهــذا لم يُــدخلا الحكومة في هذا الشأن ورتّبا لتمويل التجربة بشكلٍ خاص.

اشــتملت تجربتهما على تخدير السعدان بيلي وتحليل خريطة الدماغ لذراعه باســتخدام أقطاب كهربائية مجهرية، مباشرةً قبل القتل الرحيم له. بسبب الضغط الــذي كان على العلماء والجرّاحين، فقد أنجزوا في أربع ساعات فقط ما يستغرق إنجازه عادةً أكثر من يوم. قاموا بإزالة جزء من جمجمة السعدان، وأقحموا أقطاب كهــربائية في 124 موقعاً مختلفاً في منطقة القشرة الحسّية للذراع، ومسّدوا الذراع المعطّلة الجذبان المركزي. وكما كان متوقّعاً، لم ترسل الذراع أية نبضات كهربائية إلى الأقطــاب الكهربائية. ثمّ مسّد بونس وجه السعدان، عالِماً أنّ خريطة الدماغ للوجه مجاورة لخريطة الذراع.

ذُهِـل بـونس عـندما بدأت العصبونات في خريطة الذراع المعطّلة الجذبان المركـزي للسعدان تتّقد (ترسل إشارات كهربائية) بمجرّد لمسه لوجه السعدان، ما أكّد أنّ الخريطة الوجهية قد تملّكت، أو سيطرت على، خريطة الذراع. فكما رأى ميرزنيـتش في تجاربـه الخاصة، يمكن للدماغ أن يعيد تنظيم نفسه، عندما لا يتمّ اسـتخدام واحـدة مـن خرائطة، بحيث إنّ وظيفة عقلية أخرى تسيطر على حيّز المعالجة للخريطة غير المستعملة. أما ما كان أكثر إدهاشاً فهو نطاق إعادة التنظيم، حـيث أعـاد 14 مليمتراً من خريطة "الذراع" تحديد اتصالاته الكهربائية لمعالجة المُدخلات الحسّية الوجهية – وهو أكبر قدرٍ من التحديد الكهربائي تمّ رسم خريطة له أبداً[26].

أُعطِـي بيلي حقنة مميتة. وبعد ستة أشهر كُرِّرت التجربة على ثلاثة سعادين أخرى، وأَعطت النتائج نفسها.

قـدّمت التجـربة دعماً هائلاً لتاوب – مؤلف مشارك في الورقة العلمية التي تلـت التجـربة – ولغيره من اختصاصيي اللدونة العصبية الذين كانوا يأملون في تجديـد الاتصالات الكهربائية لأدمغة الناس ذوي القدر الهائل من التلف الدماغي. لـيس الدماغ قادراً فحسب على الاستجابة للتلف بجعل العصبونات المنفردة تُنبت غـصوناً جديدة **ضمن** قطاعاتها الصغيرة الخاصة، ولكنه قادرٌ أيضاً، كما أظهرت التجربة، على إعادة تنظيم نفسه **عبر** قطاعات كبيرة جداً.

* * *

مـثل العديـد من اختصاصيي اللدونة العصبية، اشترك تاوب في تجارب تعاونـية عديـدة. طـوّر تـاوب برنامج كمبيوتر لعلاج CI للمرضى الذين لا يـستطيعون القدوم إلى العيادة، أسماه *AutoCITE* (علاج CI (الآلي)، وهو يُظهر نـتائج تبـشّر بالخير. يتمّ تقييم علاج CI الآن في اختبارات وطنية في كامل أنحاء الـولايات المتحدة. يعمل تاوب أيضاً مع فريق يطوّر آلةً لمساعدة الناس المشلولين بالكامـل بسبب التصلّب الضموري الجانبـي، وهو المرض الذي يعاني منه ستيفن هوكنغ. ستنقل الآلة أفكارهم عبر موجات دماغية توجّه مؤشّرة كمبيوتر لاختيار أحـرف ولفظ كلمات لتشكيل جُمَل قصيرة. يشترك تاوب أيضاً في تطوير علاج للطـنين، أو الـرنين في الأذنين، الذي يمكن أن ينشأ عن تغيّرات لدنة في القشرة

السمعية. يريد تاوب أيضاً أن يكتشف ما إذا كان باستطاعة مرضى السكتات الدماغية أن يطوّروا حركةً طبيعية كلياً باستخدام علاج CI. يخضع المرضى الآن للعلاج لمدة أسبوعين فقط، ويريد تاوب أن يعرف ماذا سيحدث إذا امتدت فترة العلاج لسنة كاملة.

ولكن لعلّ إسهامه الأعظم هو أنّ مقاربته للتلف الدماغي ومشاكل الجهاز العصبي يمكن أن تُطبَّق أيضاً على حالات عديدة جداً. على سبيل المثال، يمكن لمرضٍ غير عصبي مثل التهاب المفاصل أن يؤدّي إلى عدم الاستعمال المُتعلَّم لأنّ المرضى عادةً ما يتوقّفون عن استعمال الطرف أو المفصل المصاب. قد يساعدهم علاج CI في استرجاع حركة أطرافهم ومفاصلهم.

في جميع الحالات الطبية، فإنّ حالات قليلة فقط هي مرعبة بقدر السكتة الدماغية، التي ينتج عنها موت جزء من الدماغ. ولكنّ تاوب قد بيّن أنه حتى في هذه الحالة هناك أملٌ أن يتولى نسيجٌ حيّ مجاور أمر القيام بالوظيفة المفقودة، بسبب ما يتّسم به من لدونة. قلة من العلماء استطاعت أن تجمع فوراً هذا القدر من المعرفة العملية من حيواناتها التجريبية. ومن سخرية القدر، أنّ الفصل الوحيد الذي انطوى على ألمٍ جسدي غير مبرَّر للحيوانات في كامل قضية سعادين سيلفر سبرينغ حدث عندما اختفت السعادين بشكلٍ مريب بينما كانت في أيدي *PETA*. وكان ذلك عندما تبيّن أنها أُخذت إلى فلوريدا في رحلة ذهابٍ وإيابٍ مسافة ألفي ميل، تسبّبت في اهتياجها واضطرابها جسدياً.

يُحدث عمل إدوارد تاوب يومياً تحوُّلاً في حياة الناس، الذين أقعد المرض معظمهم في منتصف حياتهم. وفي كل مرة يتعلمون فيها أن يحرّكوا أجسادهم المشلولة ويتكلّموا، فهم لا يحيون أنفسهم فحسب، بل أيضاً المهنة المتألّقة لإدوارد تاوب.

6

فتح قُفْل الدماغ

استخدام اللدونة لإيقاف القلق، والوساوس، والرغبات القسرية، والعادات السيئة

تنتابنا جميعاً أحاسيس القلق. نحن نقلق لأننا كائنات ذكية. الذكاء يتوقع، فذاك هو جوهره. نفس الذكاء الذي يتيح لنا أن نخطّط، ونأمل، ونتخيّل، ونفترض، يتيح لنا أيضاً أن نقلق ونتوقّع نتائج سلبية. ولكنّ هناك أناساً "مفرطين في القلق"، وقلقهم من نوعٍ خاص. فمعاناتهم، رغم أنها "كلّها في الرأس"، تتجاوز إلى حدّ بعيد ما يختبره معظم الناس، **لأنها** "كلّها في الرأس" وبالتالي لا مفرّ منها. يُعذّب هكذا أناس على نحوٍ مستمر بأدمغتهم إلى حدّ أنهم غالباً ما يفكّرون بالانتحار. في واحدةٍ من هذه الحالات، شعر طالب جامعة يائس بأنه مُحاصر بقلقه الوسواسي ورغباته القسرية بحيث إنه وضع المسدّس في فمه وسحب الزناد. عبرت الرصاصة إلى فصّه الجبهي مسبّبةً بضع الفصّ الجبهي، الذي كان في ذلك الوقت علاجاً لاضطّراب الوسواس القسري. بقي الطالب على قيد الحياة، وشُفي من اضطّرابه، وعاد إلى متابعة دراسته في الجامعة[1].

هناك أنواعٌ عديدة من "القلقين" وأنواعٌ عديدة من القلق: الرُهاب، اضطّرابات الإجهاد عقب الإصابة، ونوبات الذعر. ولكنّ أكثر الناس معاناة هم أولئك المصابون باضطّراب وسواسي قسري (*OCD*)، الذين يفزعون من أنّ سوءاً ما سيصيبهم أو يصيب أحبّاءهم. ورغم أنهم قد يكونون قلقين إلى حدّ ما

كأطفال، إلا أنهم في مرحلة لاحقة من حياتهم، غالباً كراشدين صغار، يتعرّضون لـ "هجوم" يصل بقلقهم إلى مستوىً جديد. فحيث كانوا في ما مضى راشدين رابطي الجأش، هم يشعرون الآن مثل أطفال مرعوبين مكروبين. وحيث يخجلون من أنفسهم لفقدهم السيطرة، فهم غالباً ما يخفون قلقهم عن الآخرين لفترة طويلة قد تستمر لسنوات قبل أن يلتمسوا المساعدة. وفي الحالات الأسوأ، لا يمكنهم أن يستيقظوا من كوابيسهم لأشهر أو حتى لسنوات. قد تخفّف الأدوية قلقهم ولكنها غالباً لا تقضي على المشكلة.

غالباً ما يزداد الاضطراب الوسواسي القسري سوءاً مع الوقت، مغيّراً بالتدريج بنية الدماغ. قد يحاول المريض المصاب بهذا المرض أن يحصل على الراحة بالتركيز على ما يقلقه - متأكّداً من أنه قد غطّى كل القواعد و لم يترك شيئاً للصدفة - ولكن كلما فكّر في ما يقلقه أكثر، قلق بشأنه أكثر، لأنّ القلق يولّد القلق في حالة الاضطراب الوسواسي القسري.

غالباً ما يكون هناك مثيرٌ عاطفي للهجوم الرئيسي الأول: قد يتذكّر شخص أنّ اليوم يصادف الذكرى السنوية لوفاة أمه، أو يسمع بشأن حادث سيارة أودى بحياة منافسه، أو يشعر بألمٍ أو ورمٍ في جسده، أو يقرأ عن مادة كيميائية في طعامه، أو يرى صورةً لأيدي محروقة في فيلم. ثمّ يبدأ في القلق بأنه يقترب من السنّ التي بلغتها أمّه عندما ماتت، ورغم أنه ليس خُرافيًّا بشكلٍ عام، إلا أنه يشعر الآن بأنه مقدَّرٌ له الموت في ذلك اليوم، أو أنّ الموت المبكر لمنافسه ينتظره أيضاً، أو أنه قد اكتشف الأعراض الأولى لمرض غير قابلٍ للعلاج، أو أنه قد تسمّم بالفعل لأنه لم يكن محترساً بما يكفي بشأن ما أكله.

نحن جميعاً نختبر أفكاراً كهذه على نحوٍ عابر. ولكنّ الناس المصابين بالاضطراب الوسواسي القسري يحبسون أحاسيس القلق ولا يستطيعون صرفها عن ذهنهم. تأخذهم أدمغتهم وعقولهم عبر سيناريوهات متنوعة مفزعة، ورغم أنهم يحاولون أن يقاوموا التفكير في شأنها، إلا أنهم يعجزون عن ذلك. تبدو التهديدات حقيقية جداً، ويظنون أنهم يجب أن يهتموا بها. من الأمثلة الشائعة على الوساوس القسرية: مخاوف الإصابة بمرضٍ انتهائي، أو التلوّث بالجراثيم، أو التسمّم بالمواد الكيميائية، أو خوف التعرّض للإشعاع الكهرومغنطيسي، أو حتى الخوف من

الإصابة بمرضٍ وراثي. وأحياناً يستحوذ التماثل على تفكير المُوَسوَسين: هم ينزعجون إذا لم تكن الصور مستوية تماماً أو إذا لم تكن أسنانهم متراصفة تماماً، أو إذا لم تكن الأشياء مرتّبة بشكلٍ مثالي، ويمكن أن ينفقوا ساعات من وقتهم وهم يراصفونها بشكلٍ صحيح. والبعض منهم يصبح خُرافيًّا بشأن أرقامٍ معينة ولا يضبط المنبّه إلا على رقمٍ زوجي فقط. كما أنّ الأفكار الجنسية أو العدوانية - خوف من أنهم قد أذوا أحبّاءهم - قد تقتحم عقولهم، ولكنهم لا يعرفون من أين أتت هذه الأفكار. على سبيل المثال، قد تستحوذ الفكرة الوسواسية التالية على عقل أحدهم: "الصوت المكتوم الذي سمعته وأنا أقود السيارة يعني أني ربما قد صدمت أحدهم". وإذا كانوا ملتزمين بالدين، فقد تنشأ لديهم أفكار تجديفية مسبّبة القلق والشعور بالذنب. إنّ العديد من الناس المصابين باضطراب وسواسي قسري تنتابهم شكوك وسواسية ويتأكّدون مراراً وتكراراً من فعلهم للأشياء: هل أطفأوا الموقد، أو أوصدوا الباب، أو جرحوا مشاعر أحدهم من غير قصد؟

يمكن أن تكون المخاوف عجيبة - ليس لها معنى مفهوم حتى للشخص القلق نفسه - ولكنّ ذلك لا يجعلها أقلّ تعذيباً[2]. قد تقلق زوجةٌ وأمٌّ حنون من أنها ستؤذي طفلها أو ستنهض من فراشها وتطعن زوجها بسكين في الصدر أثناء نومه. وتستحوذ فكرة وسواسية على عقل الزوج بوجود شفرات موصولة بأظافره، ولهذا هو لا يستطيع أن يلمس أطفاله، أو يلاطف زوجته، أو يربّت على كلبه. لا ترى عيناه الشفرات، ولكنّ عقله يصرّ بأنها موجودة، ولا يكفّ عن سؤال زوجته كي تطمئنه بأنه لم يؤذها[3].

غالباً ما يخشى المُوَسوَسون المستقبل بسبب خطأ ما ارتكبوه في الماضي. ولكنّ الأخطاء التي حدثت في الماضي ليست الوحيدة التي تسيطر على أفكارهم. فالأخطاء التي **يتخيّلون** أنهم يمكن أن يرتكبوها، بمجرد أن يقلّلوا من احتراسهم للحظة - وهو ما سيفعلونه في نهاية الأمر لأنهم بشر - تولّد لديهم أيضاً أحاسيس فزعٍ لا يمكن إيقافها. يكمن عذاب الشخص المُوَسوَس في أنه **يشعر** بحتمية حدوث أي شيء سيئ طالما أنه مُحتمل الحدوث، حتى لو كان احتمال حدوثه بعيداً جداً.

كان لديّ بعض المرضى الذين بلغ قلقهم بشأن صحتهم حداً جعلهم يشعرون كما لو كانوا يقفون في طابور موت، منتظرين إعدامهم كل يوم. ولكنّ قصتهم لا

تنتهـــي هنا. فحتى لو قيل لهم إنّ صحتهم جيدة، فلن يُشعرهم ذلك إلا بومضة من الارتـــياح قـــبل أن يجـــزموا بأنهم مصابون "بالجنون" لكل العذاب الذي كبّدوه أنفسهم - رغم أنّ هذه "البصيرة" تكون، غالباً، تخميناً ثانياً وسواسياً بزيّ جديد.

بعـــد فتـــرة قصيرة من بدء المخاوف الوسواسية، يقوم مرضى الاضطراب الوسواســـي القسري بفعل شيء لتقليل القلق، عبارة عن فعلٍ قسري. فإذا شعروا أنهـــم قـــد تلوّثوا بالجراثيم، يقومون بالاغتسال، وعندما لا يؤدّي ذلك إلى زوال قلقهـــم، يقومون بغسل كل ملابسهم، وأرضيات المنـــزل، والجدران. وإذا خافت امرأة من أن تُقدم على قتل رضيعها، تقوم بلفّ السكين بقطعة قماش، وتضعها في صـــندوق، وتُخبّئ الصندوق في القبو، ثم تقفل باب القبو. يصف الطبيب النفسي في جامعـــة كاليفورنـــيا، جيفري م. شوارتز، رجلاً كان يخاف أن يتلوّث بحمض الـــبطارية المُراق في حوادث السيارات[4]. كان يستلقي في سريره كل ليلة منتظراً سمـــاع صفّارات إنذار تشير إلى وقوع حادثٍ في الجوار. وعندما يسمعها، ينهض مـــن فراشه في أية ساعة من الليل، وينتعل حذاءه الرياضي الخاص، ويقود سيارته حـــتى يـــصل إلى مكان الحادث. وبعد أن يغادر الشرطة، ينظّف الأسفلت بفرشاة لساعات، ثمّ يعود خلسةً إلى البيت ويتخلّص من حذائه.

غالباً ما يطوّر المتشكّكون المُوَسوَسون "أفعالاً قسرية تحقُّقية". فإذا شكّوا بأنهم قد أطفأوا الموقد أو أقفلوا الباب، يعودون ويتحقّقون مائة مرة أو أكثر. ونظراً لأنّ الشكّ لا يزول أبداً، فقد يستغرق الأمر منهم ساعات ليغادروا المنـــزل.

أمـــا الناس الذين يخافون أن يكون الصوت المكتوم الذي سمعوه أثناء قيادتهم الـــسيارة يعـــني دهسهم لأحد، فسيعمدون إلى القيادة حول مجمّع الأبنية ليتأكّدوا فقط من عدم وجود جثّة في الطريق. وإذا كان قلقهم الوسواسي ناشئاً عن خوفهم من الإصابة بمرضٍ مفزع، فسيعمدون إلى إجراء مسحٍ طبـــي لأجسامهم مرةً بعد أخـــرى للتأكّد من عدم وجود أية أعراض أو سيزورون الطبيب عشرات المرات. وبعد فترة، تصبح هذه الأفعال القسرية التحقُّقية عادةً متكرّرة. فإذا شعروا أنهم قد توسّـــخوا، يجـــب أن ينظّفوا أنفسهم بترتيب دقيق، حيث يلبسون قفازات لفتح الحنفـــية ويفـــركون أجـــسادهم بتتابعٍ معيّن. ترتبط هذه العادات المتكرّرة، على الأرجـــح، بالاعـــتقادات السحرية والخرافية التي يؤمن بها معظم المُوَسوَسين. وإذا

تدبّـــروا أمر تفادي كارثة، فذلك فقط لأهم راقبوا أنفسهم بطريقةٍ معينة، وأملهم الوحيد أن يستمروا في مراقبة أنفسهم بنفس الطريقة في كل مرة.

يطفـــح المصابون بالوسواس القسري بالشكّ، وقد يفزعون من ارتكاب خطأ ويـــبدأون قسرياً بالتصحيح لأنفسهم وللآخرين. استغرقت امرأةٌ مئات الساعات لتكـــتب رســـائل قصيرة لأنها شعرت أنها عاجزة جداً عن إيجاد كلمات لا تبدو "خاطئة". ويتوقّف العديد من رسائل الدكتوراه، ليس لأن المؤلّف يتوخّى الكمال وغايـــة الإتقان في عمله، بل لأنّ المؤلّف المتشكّك المصاب بالاضطراب الوسواسي القسري لا يستطيع إيجاد كلمات لا تبدو "خاطئة" كلياً.

عندما يحاول شخص أن يقاوم فعلاً قسرياً، فإنّ توتّره يتعاظم إلى حدّ حُمِّي. فـــإذا قام بالفعل، حصل على راحة مؤقّتة، ولكنّ هذا يزيد من احتمال أنّ الفكرة الوسواسية والإلحاح القسري سيكونان أسوأ عندما يهاجمانه في المرة التالية.

لقـــد كانـــت معالجة الاضطّراب الوسواسي القسري صعبةً جداً. فالأدوية والعـــلاج السلوكي هما مفيدان جزئياً فقط للعديد من الناس. طوّر جيفري م. شوارتز علاجاً فعالاً يستند إلى اللدونة لا يساعد فقط أولئك المصابين بالاضطراب الوسواسي القـــسري، بـــل أيضاً أولئك منا الذين تنتابهم أحاسيس القلق اليومية، عندما نبدأ بالقلـــق بشأن شيء ولا نستطيع التوقّف رغم معرفتنا بعدم جدوى ذلك[5]. يمكن لعلاج شوارتز أن يساعدنا عندما نصبح "دبقين" فكرياً ومتشبّثين بمخاوفنا أو عندما نـــصبح قـــسريين مدفوعين بعادات "بغيضة" مثل قضم الأظافر القسري، أو شدّ الشعر، أو التسوّق، أو الأكل. يساعدنا علاج شوارتز أيضاً في علاج بعض أشكال الغيرة الاستحواذية، وإساءة استعمال المواد، والسلوك الجنسي القسري، والاهتمام المفرط بفكرة الآخرين عنا، وصورة الذات، والجسم، واحترام النفس.

طـــوّر شـــوارتز معارف عميقة جديدة في ما يتعلق بالاضطراب الوسواسي القـــسري، وذلـــك بمقارنـــة مسح الدماغ للناس المصابين بالاضطراب الوسواسي القـــسري مع ذاك لغير المصابين به، ومن ثمّ استخدم تلك المعارف العميقة لتطوير شـــكلٍ جديـــد مـــن العلاج - المرة الأولى، حسب علمي، التي ساعد فيها مسحُ دمـــاغٍ، مـــثل التـــصوير المقطعـــي لانبعاث البوزترون *PET*، الأطباءَ على فهم الاضـــطّراب وتطويـــر علاج نفسي له. ومن ثمّ اختبر شوارتز هذا العلاج الجديد

بإجراء مسح دماغ لمرضاه قبل وبعد خضوعهم للعلاج النفسي وأظهر أنّ أدمغتهم قـد بلغت المستوى الطبيعي مع العلاج. وهي المرة الأولى أيضاً التي يتّضح فيها أنّ الخضوع للعلاج يمكن أن يغيّر الدماغ.

تحـدث ثلاثـة أشياء عادةً لدى ارتكابنا لخطأ. أولاً، ينتابنا "شعورٌ بالخطأ"، وهـو عـبارة عن إحساسٍ مزعج بوجود خطأ ما. ثانياً، يصيبنا القلق ويدفعنا إلى إصلاح الخطأ. ثالثاً، وبعد إصلاحنا للخطأ، يتيح لنا "مبدّل سرعة" أوتوماتيكي في أدمغتـنا أن نـنتقل إلى الفكرة أو النشاط التالي. ومن ثمّ يتلاشى القلق و"الشعور بالخطأ".

ولكـنّ دماغ المصاب بالوسواس القسري لا يتابع أو "يقلب الصفحة". فعلى الرغم من أنه قد صحّح خطأه في التهجئة، أو نظّف يده الملوّثة بالجراثيم، أو اعتذر لنسيانه عيد ميلاد صديقه، إلا أنّ الوسوسة لا تفارقه. فمبدّل السرعة الأوتوماتيكي لديه لا يعمل، والشعور بالخطأ وما يتبعه من قلق يزدادان شدّة.

يُخبرنا مسح الدماغ أنّ هناك ثلاثة أجزاء في الدماغ تشترك في الوساوس.

نحن نكتشف الأخطاء **بقشرتنا الجبهية المدارية**، وهي جزءٌ من الفصّ الجبهي علـى الجانب التحتي للدماغ، خلف العينين مباشرة. يُظهر مسح الدماغ أنه كلما كان الشخص مُوَسوَساً أكثر، كانت القشرة الجبهية المدارية ناشطةً أكثر.

مـا إنّ تكـون القشرة الجبهية المدارية قد اتّقدت بـ"الشعور بالخطأ"، حتى ترسـل إشارةً إلى التلفيف الحِزامِيّ *cingulate* gyrus، الواقع في الجزء الأعمق من القـشرة. يستحثّ التلفيف الحِزامِيّ القلق المفزع بأنّ شيئاً سيئاً سوف يحدث ما لم نصحّح الخطأ، ويرسل إشارات إلى الأحشاء والقلب، مسبّبةً الإحساسات الجسدية التي تترافق مع الفزع.

أما "مبدّل السرعة الأوتوماتيكي"، أو النواة المذنّبة *caudate nucleus*، فيقع عميقاً في مركز الدماغ ويتيح لأفكارنا أن تتدفّق بتسلسل[6]، إلا إذا أصبحت النواة المذنّبة "دبقة" للغاية، كما يحدث في أدمغة مرضى الاضطراب الوسواسي القسري.

يُظهـر مسح الدماغ لمرضى الاضطراب الوسواسي القسري أنّ أجزاء الدماغ الـثلاثة المـشتركة في الوسـاوس تكون مفرطة النشاط. فالقشرة الجبهية المدارية والتلفيف الحِزامِيّ يشتغلان ويبقيان في "وضع التشغيل" كما لو كانا "محتجزَين" في

هـــذا الوضـــع معـــاً، وهـــو أحد الأسباب وراء إطلاق شوارتز على الاضطّراب الوسواســـي القـــسري اسم "قفل الدماغ". ولأنّ النواة المذنّبة لا "تبدّل السرعة" أوتوماتيكـــياً، فـــإنّ القشرة الجبهية المدارية والتلفيف الحِزاميّ يستمران في إطلاق الإشـــارات الكهـــربائية، ليزيدا بذلك إحساس الشعور بالخطأ والقلق. ونظراً لأنّ الـــشخص قـــد صـــحّح الخطأ بالفعل، فإنّ هذه الإشارات هي، بالطبع، إنذارات كاذبة. إنّ فرط نشاط النواة المذنّبة المختلة الوظيفة يُعزَى، على الأرجح، إلى كونها عالقة ومُغرَقة بالإشارات الكهربائية من القشرة الجبهية المدارية.

تتـــنوّع أسباب الاضطراب الوسواسي القسري الوخيم. قد يكون وراثياً في حـــالات عديـــدة، ولكنه يمكن أن ينشأ أيضاً عن إنتانات تسبّب تورُّماً في النواة المذنّبة[7]. كما أنّ التعلُّم يلعب دوراً في نشوئه، كما سنرى.

شـــرع شوارتز في تطوير علاجٍ سيغيّر دائرة الاضطراب الوسواسي القسري بفـــتح الوصلة بين القشرة الجبهية المدارية والتلفيف الحِزاميّ وتسوية وظيفة النواة المذنّبة[8]. تساءل شوارتز ما إذا كان بإمكان المرضى أن يجعلوا النواة المذنّبة "تبدّل الـــسرعة يـــدوياً" من خلال الانتباه الثابت المثمر والتركيز بشكلٍ فعّال على شيء آخـــر إلى جانب القلق، مثل نشاط جديد ممتع. تُحدث هذه المقاربة إحساساً لدناً لأنهـــا "تُنبت" دائرة دماغية جديدةً تزوّد بالمتعة وتستحثّ إطلاق الدوبامين الذي يقـــوم، كما رأينا سابقاً، بمكافأة النشاط الجديد وتعزيز وإنشاء اتصالات عصبونية جديـــدة. يمكن لهذه الدائرة الجديدة أن تتنافس في النهاية مع الدائرة القديمة، ووفقاً لمـــبدأ "اســـتعمله أو اخـــسره"، فإنّ الشبكات المرضية سوف تضعف. ومع هذا العـــلاج، نحن لا "نقلع عن" العادات السيئة، بقدر ما نستبدل السلوك السيئ بآخر جيد.

يقسم شوارتز العلاج إلى عددٍ من الخطوات، من بينها خطوتان أساسيتان.

الخطـــوة الأولى لمـــريضٍ يواجه نوبة اضطراب وسواسي قسري هو أن **يعيد تـــصنيف** مـــا يحدث له، بحيث يدرك أنّ ما يختبره ليس هجوم جراثيم، أو متلازمة العَوَز المَناعي المكتَسب أو حمض بطارية، وإنما فصلٌ من فصول اضطّراب وسواسي قـــسري. يجـــب على المريض أن يتذكّر أنّ قفل الدماغ يحدث في ثلاثة أجزاء من الدماغ. وكمعالِج، أنا أشجّع مرضى الاضطراب الوسواسي القسري على تلخيص

الأمـــر لأنفسهم كالتالي: "نعم، لديّ الآن مشكلةٌ حقيقية بالفعل. ولكنها ليست الجــراثيم، بـــل الاضطراب الوسواسي القسري الذي أعاني منه". تتيح لهم إعادة التـــصنيف هـــذه أن يـــتعدوا قليلاً عن محتوى الوسوسة وأن ينظروا إليها بطريقة مختلفة: أن **يلاحظوا** تأثيراتها عليهم ويفصلوا أنفسهم قليلاً عنها.

يجـــب على مريض الاضطراب الوسواسي القسري أيضاً أن يذكّر نفسه بأنّ الـــسبب وراء عـــدم الزوال الفوري للنوبة هو الدائرة الكهربائية الخاطئة. يشتمل كـــتاب شوارتز، **قفل الدماغ** *Brain Lock*، على صورٍ تُظهر الدماغ غير السويّ لمرضى الاضطراب الوسواسي القسري[9]. قد يجد بعض المرضى أنه من المفيد لهم، أثناء تعرّضهم لنوبة، أن يقارنوا هذه الصور بالصور التي تُظهر الدماغ شبه الطبيعي الـــذي طـــوّره مرضى شوارتز مع العلاج، لتذكير أنفسهم بإمكانية تغيير الدوائر الكهربائية.

يعلّـــم شوارتز المرضى أن يميّزوا بين **الشكل** العام من الاضطّراب الوسواسي القـــسري (أفكـــار مقلقة وإلحاحات تُقحم نفسها في الوعي)، و**محتوى** الوسوسة (مـــثلاً، الجراثيم الخطرة). كلما ركّز المرضى على المحتوى أكثر، أصبحت حالتهم أسوأ.

ركّـــز المعالجـــون، لـــزمنٍ طويل، على المحتوى أيضاً. العلاج الأكثر شيوعاً لاضـــطّراب الوســـواس القسريّ هو "التعرّض ومنع الاستجابة"، وهو شكلٌ من العلاج السلوكي الذي يساعد حوالى نصف مرضى الاضطراب الوسواسي القسري علـــى إحـــراز بعض التحسّن، رغم أنّ معظمهم لا يتحسّن بالكامل[10]. إذا كان المـــريض يخـــاف الجراثيم مثلاً، يتمّ **تعريضه تزايدياً** للمزيد منها، في محاولة لإلغاء حساسيته منها. يمكن أن يعني هذا، من الناحية العملية، جعل المرضى يقضون وقتاً في الحمّام (في المرة الأولى التي سمعت فيها بهذا العلاج، كان الطبيب النفسي يطلب من رجلٍ أن يضع ثياباً داخلية متّسخة على وجهه). ولأسباب يمكن فهمها، يرفض 30 بالمـــئة مـــن المرضى علاجات كتلك[11]. إنّ التعرّض للجراثيم لا يهدف إلى "تـــبديل ناقـــل الحركة" للانتقال إلى الفكرة التالية، ولكنه يقود المريض إلى إمعان الـــتفكير فـــيها بشدة أكثر - على الأقلّ لفترة قصيرة. أما الجزء الثاني من العلاج الـــسلوكي القياسي فهو "منع الاستجابة"، الذي يُمنَع فيه المريض من القيام بفعله

القسري. يستند شكلٌ آخر من العلاج، هو العلاج المعرفي، إلى الفرضية القائلة بأنّ المزاج الإشكالي وحالات القلق سببها تشوّهات معرفية - أفكارٌ غير دقيقة أو مُبالَغ فيها. يجعل المعالِجون المعرفيون مرضاهم المصابين بالاضطراب الوسواسي القسري يدوّنون مخاوفهم ويضعون قائمةً بالأسباب التي تجعلها غير معقولة. ولكنّ هذه الطريقة تغمر المريض أيضاً في محتوى اضطرابه الوسواسي القسري. وكما يقول شوارتز: "عندما تُعلّم مريضاً أن يقول 'يداي ليستا وسختين'، فأنت تجعله يكرّر شيئاً يعرفه بالفعل... إنّ التشوّه المعرفي ليس جزءاً جوهرياً من المرض[12]. فالمريض يعرف أساساً أنّ عدم عدّه للمعلّبات اليوم في خزانة المؤن لن يؤدّي فعلياً إلى موت أمه موتاً شنيعاً الليلة. ولكنّ المشكلة أنه لا يشعر على هذا النحو". ركّز المحلّلون النفسيون أيضاً على محتوى الأعراض، التي يتعلّق العديد منها بالأفكار العدوانية والجنسية المزعجة. وقد وجدوا أنّ فكرةً مستحوِذة، مثل "سأؤذي طفلي"، قد تعبّر عن غضب مكبوح تجاه الطفل، وأنّ هذه البصيرة قد تكون كافيةً، في الحالات الخفيفة، لجعلِ الوسواس يتلاشى. ولكنّ هذا الأسلوب لا يؤدّي غالباً لنتيجة في حالات الاضطراب الوسواسي القسري المتوسّطة أو الوخيمة. وفي حين أنّ شوارتز يعتقد أنّ منشأ العديد من الوساوس يرتبط بنوع التضاربات بشأن الجنس، والعدوانية، والذنب التي أكّد عليها فرويد، إلا أنّ هذه التضاربات تفسّر المحتوى فقط، وليس شكل الاضطّراب.

بعد أن يكون المريض قد أقرّ بأنّ قلقه هو عَرَضٌ لاضطّراب وسواسي قسري، فإنّ الخطوة الحاسمة التالية هي أن **يعيد التركيز** على نشاط إيجابي مفيد وممتع تماماً في اللحظة التي يصبح فيها مدركاً لاختباره لنوبة اضطراب وسواسي قسري. يمكنه مثلاً أن يعمل في الحديقة، أو يساعد أحدهم، أو يشتغل بهواية، أو يعزف على آلة موسيقية، أو يستمع إلى الموسيقى، أو يمارس تمارين رياضية، أو يقذف الكرة في السلة. يمكن للنشاط المشتمل على شخصٍ آخر أن يساعد في إبقاء المريض مُركّزاً. أما إذا داهمت المريض نوبة اضطراب وسواسي قسري أثناء قيادته السيارة، فيجب أن يكون النشاط مُهيّأً، مثل كتاب على شريط تسجيل أو قرص مدمّج. من الضروري **القيام** بشيء "لتبديل" ناقل الحركة يدوياً.

قد يبدو هذا مثل إجراء واضح بسيط، ولكنه ليس كذلك بالنسبة إلى مرضى الاضطراب الوسواسي القسري. يؤكّد شوارتز لمرضاه أنه على الرغم من أنّ "آلية نقل الحركة اليدوية" لديهم دبقة، إلا أنّ التبديل يصبح، بالعمل الكاد، ممكناً باستخدام قشرتهم الدماغية، فكرة أو عمل واحد مثمر في كل مرة.

إنّ مصطلح "مبدّل السرعة" أو "ناقل الحركة" هو استعارة آلة بالطبع، والدماغ ليس آلة، بل هو لدن وحيّ. في كل مرة يحاول فيها المرضى أن يبدّلوا ناقل الحركة، هم يبدأون بتثبيت "آلية نقل الحركة" لديهم بإنشاء دوائر كهربائية جديدة وتبديل النواة المذنّبة. وبإعادة التركيز، فإنّ المريض يتعلّم أن لا يعلق بمحتوى الوسواس بل أن يعمل متجاهلاً إياه. أنا أقترح على مرضاي أن يفكّروا في مبدأ "استعمله او اخسره". فكل لحظة يقضوها مفكّرين بالعَرَض – معتقدين أنّ الجراثيم تهدّدهم – هم يعمّقون الدائرة الوسواسية. وبتجاهل العَرَض، يكونون في طريقهم لفقده. مع الوساوس والأفعال القسرية، تنطبق القاعدة التالية: **تؤدّي كثرة الفعل إلى ازدياد الرغبة في الفعل، وتؤدّي قلّة الفعل إلى تناقص الرغبة في الفعل.**

لقد وجد شوارتز أنه من الأساسي لمريض الوسواس القسري أن يفهم **بأنّ ما يهمّ ليس ما يشعر به أثناء تطبيق التقنية، بل ما يفعله.** "أنت لا تكافح كي تجعل الشعور يتلاشى، بل كي **لا تستسلم للشعور**"[13]، من خلال القيام بالفعل القسري، أو التفكير بالوسواس. لن تؤدّي هذه التقنية إلى شعور فوري بالارتياح لأنّ التغيّر اللدن العصبي الدائم يستغرق وقتاً، ولكنها تضع الأساس بالفعل للتغيُّر بتمرين الدماغ بطريقة جديدة. ولهذا سيشعر المريض في البداية بدافعٍ قوي للقيام بالفعل القسري، وبالتوتر والقلق الناشئين عن مقاومته. يتمثّل الهدف في "تغيير القناة" إلى نشاط جديد ما لمدة تتراوح بين خمس عشرة دقيقة إلى ثلاثين دقيقة عندما يختبر المريضُ عَرَضَ اضطراب وسواسي قسري (إذا لم يستطع المريض أن يصمد لهذه الفترة الطويلة، فإنّ أي وقت يقضيه مُقاوِماً يكون مفيداً[14]، حتى لو كان دقيقةً واحدة، لأنّ تلك المقاومة، بما تنطوي عليه من جهد، هي التي تشكّل الدوائر الكهربائية الجديدة).

بإمكان المرء أن يرى أنّ تقنية شوارتز المتّبعة مع مرضى الاضطراب الوسواسي القسري تتشابه مع مقاربة تاوب (CI) المتّبعة مع مرضى السكتات الدماغية.

بإجبار مرضاه على "تغيير القناة" وإعادة التركيز على نشاط جديد، فإنّ شوارتز يفرض عليهم قيداً شبيهاً بقفاز تاوب. وبجعل مرضاه يركّزون على السلوك الجديد بشدّة، في فترات زمنية تصل إلى ثلاثين دقيقة، فإنّ شوارتز يُخضعهم لتدريب مكثّف.

تعلّمنا في الفصل 3، "إعادة تصميم الدماغ"، قانونَين أساسيَين للّدونة يشكّلان الأساس أيضاً لعلاج شوارتز. القانون الأول هو **أنّ العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً**. بفعلهم لشيء ممتع عوضاً عن الفعل القسري، يشكّل مرضى الاضطراب الوسواسي القسري دائرة كهربائية جديدة يتمّ تعزيزها تدريجياً بدلاً من الفعل القسري. والقانون الثاني هو **أنّ العصبونات التي تتّقد على حدة تتّصل على حدة**. بعدم قيامهم بالفعل القسري، يُضعِف المرضى الاتصال بين الفعل القسري وفكرة أنه سيخفّف قلقهم. وإضعاف الاتصال هذا هو أمرٌ حاسم، لأنه على الرغم من أنّ القيام بالفعل القسري يخفّف القلق على المدى القصير، إلا أنه، كما رأينا، يزيد الاضطراب الوسواسي القسري سوءاً على المدى الطويل.

طبّق شوارتز العلاج على حالات وخيمة وحصل على نتائج جيدة. تحسّن ثمانون بالمئة من مرضاه عندما استخدموا طريقته جنباً إلى جنب مع الدواء، الذي هو عادةً مضادّ للاكتئاب مثل أنافرانيل أو عقار من نوع بروزاك. يعمل الدواء مثل عجلتَي التدريب الإضافيتين في الدراجة، حيث يخفّف القلق أو يقلّله بما يكفي للمرضى للاستفادة من العلاج. وفي الوقت الملائم، يتخلّى العديد من المرضى عن الدواء، والبعض منهم لا يحتاج إليه بتاتاً.

لقد رأيت مقاربة قفل الدماغ تنجح جيداً في حالات الاضطراب الوسواسي القسري المعهودة مثل الخوف من الجراثيم، وغسل اليدين، وأفعال التحقّق القسرية، والتخمين الثاني القسري، ووساوس المرض المعجِّزة. عندما يمتثل المرضى للعلاج، يصبح "مبدّل السرعة اليدوي" أوتوماتيكياً أكثر فأكثر، وتصبح النوبات أقصر وأقلّ تكراراً. ورغم أنّ المرضى يمكن أن ينتكسوا في الأوقات المُجهدة، إلا أنهم يستطيعون استعادة السيطرة بسرعة مستخدمين تقنيتهم الجديدة.

عندما قام شوارتز وفريقه بمسح أدمغة مرضاهم الذين أظهروا تحسّناً، وجدوا أنّ أجـــزاء الدماغ الثلاثة التي كانت "مُحتجَزة" وتتّقد معاً بطريقة مفرطة النشاط، قد بدأت تتّقد على حدة بطريقة طبيعية. كان يتمّ فتح قفل الدماغ.

* * *

كـــنت في حفل عشاء مع صديقة سأدعوها إيما. وكان حاضراً أيضاً زوجها الكاتب ثيودور، وعدّة كتّاب آخرين.

إيما الآن في العقد الخامس من العمر. عندما كانت في الثالثة والعشرين، أدّت طفرةٌ وراثية تلقائية إلى إصابتها بمرضٍ يعرف بالتهاب الشبكية الصباغي تسبّب في موت خلاياها الشبكية. وقبل خمس سنوات أصبحت عمياء كلياً وبدأت تستخدم كلباً مدّرباً على قيادة العميان يُدعى ماتي.

أدّى عمـــى إيمـــا إلى إعادة تنظيم دماغها وحياتها. كان معظم الحاضرين في الحفل مهتماً بالأدب، ولكنّ إيما، ومنذ أن أصبحت عمياء، قرأت كتباً أكثر من أي واحـــد منا. يقرأ برنامج كمبيوتر من أنظمة كورزويل التعليمية الكتب لها بصوت مـــرتفعٍ رتيب يتوقّف عند الفواصل والنقاط ويعلو عند الأسئلة. صوت الكمبيوتر هـــذا ســـريعٌ جداً بحيث إني لا أفهم كلمةً واحدة. ولكنّ إيما تعلّمت تدريجياً أن تـــستمع بوتيرةٍ أسرع فأسرع، بحيث إنها تقرأ الآن حوالى 340 كلمة في الدقيقة، وهـــي تفـــضّلُ الروايات الكلاسيكية العالمية. تقول: "أبدأ بمؤلّف، وأقرأ كل شيء كتـــبه، قبل أن أنتقل إلى مؤلّف آخر". قرأت إيما لدوستويفسكي (المفضّل لديها)، وغوغـــول، وتولستوي، وتورجنيف، وديكنـــز، وتشسترتون، وبالزاك، وهوغو، وزولا، وفلاوبـــيرت، وبراوســـت، وستيندهال، وكثيرين غيرهم. وقرأت مؤخّراً ثلاث روايات لترولوبـــي في يومٍ واحد. وقد سألتني كيف أمكنها أن تقرأ بسرعة أكبر بكثير مما كانت تفعل قبل أن تصبح عمياء. وشرحت لها بأنّ قشرتها البصرية الهائلة، التي لم تعد تعالج البصر، تمّ تملّكها للمعالجة السمعية.

سألتني إيما في تلك الأمسية إن كنت أعرف شيئاً بشأن الحاجة إلى التحقّق من الأشـــياء بكثرة. أخبرتني أنها غالباً ما تواجه صعوبةً كبيرة في الخروج من المنـــزل لأنها تستمر في التحقّق من إطفائها للموقد أو إقفالها للباب. وعندما كانت لا تزال تـــذهب إلى عملها، كانت تغادر البيت، ثم تعود، بعد أن تكون قد قطعت نصف

الطـــريق، لتـــتأكّد فقط من أنّ الموقد والأدوات الكهربائية وحنفيات الماء جميعها مطفـــأة. وكانت تعيد دورة التحقّق هذه عدة مرات، وهي تحاول طوال ذلك أن تقـــاوم الإلحاح. أخبرتني أيضاً أنّ والدها المستبدّ جعلها قلقة أثناء تنشئتها. وعندما غادرت منـــزل العائلة، زال قلقها ذاك، ولكنها لاحظت أنه قد استُبدِل الآن بهذه الحاجة إلى التحقّق التي تزداد سوءاً.

شرحتُ لها نظرية قفل الدماغ، وأخبرتها أننا غالباً ما نتحقّق ونعيد التحقّق من الأدوات الكهـــربائية دون أن نركّز فعلياً. ولهذا فقد اقترحت عليها أن تتحقّق لمرةٍ واحدة فقط لا غير، بعناية شديدة.

وفي المـــرة التالـــية التي رأيتها فيها، كانت مسرورة. قالت: "أنا أفضل حالاً. أتحقّق الآن لمرة واحدة فقط، وأتابع. لا أزال أشعر بالإلحاح، ولكني أقاومه، ومن ثمّ يتلاشى. وكلما مارستُ هذه الطريقة أكثر، أجده يختفي بسرعة أكبر".

نظـــرت إيما إلى زوجها بتقطيب تهكّمي. كان قد مازحها بأنه من غير اللائق أن تزعج الطبيب النفسي باضطّراباتها العصبية ونحن في حفل.

قالـــت: "ثيودور، ليس الأمر أني **مجنونة**. الأمر فقط أنّ دماغي لم يكن يقلب الصفحة".

7

الألم

الجانب المعتم للدونة

عـــندما نرغب في الوصول بحواسّنا إلى حدّ الكمال، تكون اللدونة العصبية نعمة. وعندما تعمل اللدونة في خدمة الألم، تصبح نقمة.

إنّ مرشـــدنا في هذا الفصل هو ف. س. راماشاندران الذي يُعتبر واحداً من أكثر اختصاصيي اللدونة العصبية إلهاماً. وُلِد فيلايانور سابرامانيان راماشاندران في مـــادراس في الهـــند، وهـــو طبيب أعصاب يفخر بعلم القرن التاسع عشر، ويعالج معضلات القرن الواحد والعشرين.

راماشـــاندران هو دكتور في الطبّ، متخصّص في علم الأعصاب، يحمل شهادة دكتوراه في السيكولوجيا من جامعة ترينيتي في كامبريدج. وقد اجتمعنا في ســـان دييغو حيث يدير مركز الدماغ والمعرفة في جامعة كاليفورنيا. شعرُ "راما" أسود ومتموّج، وصوته جهوري، ولكنته بريطانية، ويرتدي سترة جلدية سوداء.

في حـــين أنّ العديـــد من اختصاصيي اللدونة العصبية يعملون لمساعدة الناس علـــى تطويـــر أو استعادة المهارات – القراءة، أو الحركة، أو التغلُّب على العجز التعلّمي – فإنّ راماشاندران يستخدم اللدونة لإعادة تشكيل محتوى عقولنا. يُظهر راماشاندران أننا نستطيع أن نجدّد اتّصالات أدمغتنا الكهربائية من خلال علاجات عديمة الألم وقصيرة نسبياً تستخدم التخيُّل والإدراك الحسّي.

لا يمتلــئ مكتــبه بأجهزةٍ عالية التقنية، بل بآلات بسيطة ترجع إلى القرن التاسع عــشر، وهي الاختراعات الصغيرة التي تجذب الأطفال إلى العلم. فهناك منظارٌ مجسّم، وأداة بصرية تجعل صورتين للمشهد نفسه يُظهرانه كصورة ثلاثية الأبعاد. وهناك جهازٌ مغنطيــسي كــان يــستخدم في مــا مضى لعلاج الهستيريا، وبعض مرايا مثل تلك المــستخدمة في مــسلاة، وعدســات مكبّرة عتيقة الطراز، وأحافير، والدماغ المحفوظ لمراهق. هناك أيضاً تمثالٌ نصفي لفرويد، وصورة لداروين، وبعض الفنّ الهندي الحسّي.

يمكــن لهــذا المكــتب أن يكون فقط لرجلٍ واحد، هو شيرلوك هولمز علم الأعــصاب الحــديث، ف.س. راماشاندران. هو مثل بوليس سرّي، يحلّ الألغاز واحــداً في كــل مرة، كما لو كان غير مدرك كلياً أنّ العلم الحديث منشغلٌ الآن بدراسات إحصائية هائلة. يعتقد راماشاندران أنّ الحالات الفردية لديها كل شيء للمــساهمة في العلم. وهو يعبّر عن ذلك بقوله: "تخيّل أني عرضتُ خنــزيراً على عــالمٍ متــشكّك، مــصراً أنه يستطيع تكلُّم الإنكليزية، ثمّ لوّحت بيدي، وتكلَّم الخنــزير الإنكليزية. ألن يكون معقولاً للمتشكّك أن يجادل 'ولكنّ ذلك خنــزيرٌ واحد يا راماشاندران. أرني خنــزيراً آخر، وقد أصدّقك!".

أظهــر راماشــاندران مــرةً بعد مرة أنه يستطيع، من خلال تفسير "الأشياء الغــريبة" العصبية، أن يسلّط الضوء على وظيفة الأدمغة الطبيعية. يقول لي: "أكره الحشود في العلم"، وهو لا يحبّ الاجتماعات العلمية الكبيرة أيضاً. يقول: "أنا أخبر طلابــي لدى ذهابهم إلى هذه الاجتماعات أن يروا الاتجاه الذي يسير فيه الجميع، كي يتمكّنوا من الذهاب في الاتجاه المعاكس. لا تلمِّع النحاس على عربة الموسيقى *Don't polish the brass on the bandwagon*".

يخــبرني راماشــاندران أنــه تجنّب، ابتداءً من عمر الثامنة، الألعاب الرياضية والحفلات، وانتقل بالتدريج من ولعٍ إلى آخر: علم الإحاثة (جَمْعَ أحافير نادرة في الحقــل)، وعلــم المحاريات (دراسة الأصداف)، وعلم الحشرات (لديه ولعٌ خاص بالخنافس)، وعلم النبات (زَرَعَ سحلبيات). تتناثر سيرته في جميع أنحاء مكتبه، على شــكل أشياء طبيعية جميلة: أحافير، وقواقع، وحشرات، وأزهار. ويخبرني أنه لو لم يكــن عالم أعصاب، لكان عالم آثار يدرس سومر القديمة، أو بلاد ما بين النهرين، أو حضارة وادي السند.

تكشف هذه الاهتمامات الفكتورية أساساً ولعَ راماشاندران بعلم تلك الفترة التي تمثّل العصر الذهبي لعلم التصنيف، عندما جال العلماء الأرض مستخدمين العين المجرّدة والعمل الكشفي الداروني لتصنيف أشكال الطبيعة المختلفة وشذوذها ونسجها في نظريات عامة تفسّر المواضيع العظيمة للعالم الحي.

يقارب راماشاندران علم الأعصاب بالطريقة نفسها. ففي أبحاثه الأولى، تقصّى راماشاندران مرضى اختبروا أوهاماً عقلية، حيث قام بدراسة أناسٍ بدأوا، بعد تعرّضهم لإصابةٍ في الدماغ، يعتقدون بأنهم أنبياء. ودرس آخرين يعانون من متلازمة كابغراس بدأوا يعتقدون بأنّ آباءهم أو شركاء حياتهم كانوا دجّالين، أو نُسَخاً طبق الأصل عن أحبائهم الحقيقيين. ودرس أيضاً الأوهام البصرية وبقع العين العمياء. وعندما فهم ما كان يحدث في كلّ من هذه الأمراض - بدون استخدام التكنولوجيا الحديثة بشكلٍ عام - سلّط ضوءاً جديداً على كيفية عمل الدماغ الطبيعي.

يقول: "أنا لا أحبّ المعدّات المعقّدة المنمّقة لأنها تتطلّب وقتاً طويلاً لتعلّمها، وأنا عادةً متشكّك عندما تكون الفترة الزمنية بين البيانات الأوّلية والاستنتاج النهائي طويلة جداً، حيث تمنحك فرصة كبيرة للتلاعب بتلك البيانات، والبشر مشهورون على نحوٍ سيئ بأنهم عرضة لخداع الذات سواء أكانوا علماء أم لا".

يُخرِج راماشاندران صندوقاً مربّعاً كبيراً تقف في داخله مرآة ويبدو مثل خدعة سحرية لطفل. مستخدماً هذا الصندوق ومعارفه العميقة المتعلقة باللدونة، حلّ راماشاندران لغزاً بعمر قرون، هو لغز الأطراف الشبحية والألم المزمن الذي تُحدثه.

هناك حشدٌ كامل من الآلام المتواصلة التي تعذّبنا لأسباب لا نفهمها وتأتينا من حيث لا نعلم - آلام بدون عنوان إيابي. فقد اللورد نلسون، وهو أدميرال بريطاني، ذراعه اليمنى في هجوم على سانتا كروز دي تينيرايف في العام 1797. وبعد ذلك بفترة قصيرة، بدأ يختبر وجود ذراعه بصورة حية: ذراع وهمية يمكنه أن يشعر بها ولكنه لا يستطيع أن يراها. استنتج نلسون أنّ وجود الذراع كان "دليلاً مباشراً على وجود الروح"، مستنبطاً بأنه إذا كان ممكناً للذراع أن توجد بعد إزالتها، كذلك يمكن للشخص بأكمله أن يوجد بعد فناء الجسد.

الأطراف الشبحية مزعجة لأنها تسبّب "ألماً شبحياً" مزمناً في 95 بالمئة من المبتورين[1] يستمرّ غالباً مدى العمر[2]. ولكن كيف يمكنك أن تزيل ألماً من عضوٍ غير موجود؟

تعذّب الآلام الشبحية الجنود المبتورين، والناس الذين فقدوا أطرافاً في حوادث، ولكنها أيضاً جزءٌ من فئة أكبر من الآلام الغريبة التي حيّرت الأطباء لآلاف السنين، بسبب عدم وجود مصدر معروف لها في الجسم. فحتى بعد جراحة روتينية، يشعر بعض الناس بآلامٍ تالية للجراحة على نفس القدر من الغموض تستمر مدى العمر. تشتمل المادة العلمية المنشورة حول الألم على قصصٍ لنساء يعانين من تشنّجات طمثية وآلام مخاض **حتى بعد** إزالة أرحامهن[3]، ورجالٍ لا يزالون يشعرون بألم القرحة **بعد** إزالة القرحة وعصبها[4]، وأناسٍ لا يزالون يعانون من ألمٍ مستقيمي وباسوري بعد إزالة المستقيم[5]. وهناك قصصٌ عن أناسٍ أُزيلت مثاناتهم، ولا يزالون يشعرون بحاجة ملحّة مؤلمة ومزمنة للتبوّل[6]. يمكن فهم هذه الفصول إذا تذكّرنا أنّ هذه الآلامَ هي أيضاً آلامٌ شبحية ناتجة عن "بتر" أعضاء داخلية.

ينبّهنا الألم العادي، أو "الألم الحاد"، للإصابة أو المرض[7] بإرسال إشارة إلى الدماغ تقول: "هنا حيث أنت تتألّم؛ اعتنِ به". ولكن أحياناً، يمكن لإصابةٍ أن تُتلف أنسجتنا الجسدية بالإضافة إلى الأعصاب في أجهزة الألم لدينا، لينتج عن ذلك "ألمٌ اعتلالي عصبي" لا يوجد له سبب خارجي. تتلف خرائط الألم في أدمغتنا وتطلق إنذارات كاذبة متوالية تجعلنا نعتقد أنّ المشكلة في جسمنا بينما هي في دماغنا. وبعد فترة طويلة من شفاء الجسم، يكون جهاز الألم مستمراً في إطلاق الإشارات الكهربائية ويكون الألم الحاد قد طوّر حياةً تالية.

* * *

اقتُرِح الطرف الشبحي لأول مرة بواسطة سيلاس وير ميتشل، وهو طبيبٌ أميركي اعتنى بالجرحى في غيتيسبرغ وأثار وباء الأطراف الشبحية اهتمامه وفضوله. كانت الأذرع والأرجل المجروحة للجنود في الحرب الأهلية تصبح غنغرينية غالباً. وفي ذلك العصر السابق لاكتشاف المضادات الحيوية، كانت الطريقة الوحيدة لإنقاذ حياة المريض هي بتر الطرف لمنع الغنغرينا من الانتشار.

وســرعان ما بدأ الجنود المبتورون يُخبِرون بأنّ أطرافهم قد عادت لتلازمهم. أطلق ميتشل في البداية على هذه التجارب اسم "الأشباح الحسّية"، ومن ثمّ غيّر الاسم إلى "الأطراف الشبحية".

غالــباً مــا تكون الأطراف الشبحية وحدات مستقلة غايةً في الحيوية. يمكن للمرضــى الــذين فقدوا أذرعاً أن يشعروا بها أحياناً وهي تومئ أثناء حديثهم، أو تلوّح مرحّبةً بالأصدقاء، أو تمتدّ عفوياً لرفع سمّاعة الهاتف.

اعــتقد القلــيل من الأطباء أنّ الطرف الشبحي هو نتيجة تفكير رغبــي – إنكــار للخــسارة المؤلمة للطرف. ولكنّ معظمهم افترض أنّ نهايات العصب على طرف قرمة الذراع أو الرِجل المفقودة كانت تُنبَّه أو تُثار من خلال الحركة. حاول بعــض الأطــباء أن يــتعاملوا مــع الأطراف الشبحية بالبتر التسلسلي، قاطعين الأطراف – والأعصاب – أكثر فأكثر، آملين أنّ الطرف الشبحي قد يختفي، ولكنه كان يعاود الظهور بعد كل جراحة.

أثــارت الأطــراف الشبحية فضول راماشاندران منذ أن كان طالباً في كلية الطــبّ. ثمّ في العــام 1991، قــرأ الورقة العلمية لتيم بونس وإدوارد تاوب حول العمليات الجراحية الأخيرة على سعادين سيلفر سبرينغ. كما ذُكِر في الفصل 5، قام بــونس في هــذه العملــيات برســم الخرائط الدماغية للسعادين التي قُطِعت كل المُدخلات الحسّية من أذرعها إلى أدمغتها من خلال تعطيل الجذبان المركزي ووجد أنّ خريطة الدماغ للذراع أصبحت فعالة، بدلاً من أن تتلاشى، وأخذت في معالجة المُدخلات الواردة من الوجه – وهو ما يمكن توقّعه لأنّ خريطتَي اليد والوجه، كما بيّن ويلدر بنفيلد، متجاورتان.

وخطــر لراماشــاندران على الفور بأنّ اللدونة قد تفسّر الأطراف الشبحية بسبب التشابه بين سعادين تاوب والمرضى ذوي الأذرع الشبحية. فخرائط الدماغ للسعادين والمرضى على حدّ سواء قد حُرِمت من المنبّهات الواردة من أطرافها. هل يمكن أن تكون خرائط الوجوه للمبتورين قد غزت خرائط أذرعهم المفقودة، بحيث إنــه إذا تمّ لمس المبتور على الوجه، يشعر بذراعه الشبحية؟ وتساءل راماشاندران: حــين كانت السعادين تُلمَس على الوجه، هل كانت تشعر بذلك على وجهها أم في ذراعها "المعطّلة الجذبان المركزي"؟

كـان تـوم سورنسون – اسمٌ مستعار – في السابعة عشرة من عمره فقط حـين فقد ذراعه في حادث سيارة. عندما قُذف بعنف في الهواء، نظر خلفه ورأى يـده، المنفصلة عن جسده، لا تزال ممسكةً بوسادة المقعد. أما ما تبّقى من ذراعه، فكان لا بدّ أن يُبتر مباشرةً أعلى المرفق.

وبعـد أربعـة أسابيع تقريباً من بتر ذراعه، أصبح توم مدركاً لذراعٍ شبحية أخـذت تقـوم بالعديد من الأشياء التي اعتادت ذراعه على القيام بها. كانت تمتد انعكاسـياً لتتّقي وقعةً أو لتربّت على شقيقه الصغير. أظهر توم أعراضاً أخرى، بما فـيها عَـرَضٌ ضـايقه كثيراً، حيث عانى من حِكّة في يده الشبحية لم يستطع أن يحكّها.

سمـع راماشـاندران بقصة توم من زملائه وطلب أن يعمل معه. من أجل أن يختـبر نظـريته بأنّ الأطراف الشبحية تنشأ عن خرائط دماغية جُدِّدت اتصالاتها الكهربائية، قام راماشاندران بوضع عصابة على عينَي توم، ثمّ مسّد أجزاء من جسم تـوم العلوي باستخدام *Q-tip*، سائلاً إياه عمّا شعر. عندما وصل إلى وجنة توم، أخـبره توم أنه شعر بالتمسيد على خدّه، وأيضاً في ذراعه الشبحية. وعندما مسّد راماشـاندران الشفة العليا لتوم، شعر توم بالتمسيد هناك، ولكنه شعر به أيضاً في سـبّابة يده الشبحية. ووجد راماشاندران أنه بتمسيد أجزاء أخرى من وجه توم، كـان تـوم يـشعر بالتمـسيد في أجزاء أخرى من يده الشبحية. وعندما وضع راماشاندران قطرة ماء دافئ على وجنة توم، شعر توم بالقطرة تسيل أسفل وجنته وأيـضاً أسـفل ذراعه الشبحية. ثمّ بعد المزيد من التجريب، وجد توم أنّ بإمكانه أخيراً أن يحكّ الحِكّة التي كانت قد ضايقته لفترة طويلة وذلك بحكّ وجنته.

بعد نجاح راماشاندران بالـ *Q-tip*، استخدم مسح دماغٍ عالي التقنية يُعرَف باسـم *MEG*، أو تـصوير الدماغ المغنطيسي (المغناطيسي). وعندما رسم خريطة الـدماغ لـذراع ويد توم، أكّد مسح الدماغ أنّ خريطة اليد يتمّ استخدامها الآن لمعالجة الإحساسات الوجهية. لقد اختلطت خريطتا وجهه ويده معاً.

إنّ مـا اكتشفه راماشاندران في حالة توم سورنسون[8] يُقبَل الآن على نطاقٍ واسـع، رغم أنه كان، في البداية، مثار جدل بين أطباء الأعصاب السريريين الذين شكّوا في لدونة خرائط الدماغ. كما أنّ دراسات مسح الدماغ التي قام بها الفريق

الألماني الذي يعمل معه تاوب أكّدت أيضاً وجود علاقة بين مقدار التغيّر اللدن ودرجة الألم الشبحي الذي يختبره الناس[9].

يرتاب راماشاندران بشدة في أنّ أحد أسباب حدوث غزو الخرائط في الدماغ هو أنّ الدماغ "يُنبت" اتصالات جديدة. يعتقد راماشاندران أنه عندما يُفقَد جزءٌ من الجسم، فإنّ خريطة الدماغ الناجية له "تتوق" للتنبيه الوارد[10] وتطلق عوامل نموّ عصبية تحثّ العصبونات من الخرائط المجاورة على إنبات براعم صغيرة نحوها.

عادةً ما تتصل هذه البراعم الصغيرة بأعصاب مماثلة، كأن تتصل أعصاب اللمس، مثلاً، بأعصاب لمسٍ أخرى. ولكنّ جلدنا ينقل، بالطبع، أشياء أخرى كثيرة غير اللمس، لأنّ فيه مستقبلات متميّزة تكتشف درجة الحرارة، والاهتزاز، والألم أيضاً، ولكل منها أليافه العصبية الخاصة التي تمتدّ إلى الدماغ، حيث الخرائط الخاصة بكل منها، وبعض هذه الخرائط قريب جداً بعضه من بعض. ولهذا يمكن، بعد حدوث إصابة، أن تحدث أخطاء اتصالات كهربائية متقاطعة بسبب التقارب الشديد بين أعصاب اللمس ودرجة الحرارة والألم. وعليه فقد تساءل راماشاندران إن كان بإمكان شخص، في حالات الاتصالات الكهربائية المتقاطعة، أن يشعر بالألم أو الدفء إذا لُمِس؟[11] هل يمكن لشخصٍ، إذا لُمِس بلطف على الوجه، أن يشعر بألم في ذراعٍ شبحية؟

إنّ دينامية خرائط الدماغ وتغيّرها الدائم هو سببٌ آخر وراء تقلّب الأطراف الشبحية وتسبّبها في كثيرٍ من الإزعاج: أظهر ميرزنيتش أنّ خرائط الدماغ تميل إلى التحرّك قليلاً في الدماغ، حتى تحت الظروف الطبيعية. تتحرّك خرائط الأطراف الشبحية لأنّ المُدخلات إليها تغيّرت بشكلٍ جذري. أظهر راماشاندران وآخرون – من بينهم تاوب وزملاؤه – من خلال المسح المتكرّر لخرائط الدماغ أن الخطوط الكفافية للأطراف الشبحية وخرائطها تتغيّر باستمرار. وهو يعتقد أنّ أحد الأسباب وراء اختبار الناس لألمٍ شبحي هو أنّ الخريطة لا تتقلّص فحسب عند قطع الطرف، ولكنها تصبح غير منظّمة وتتوقّف عن العمل بشكلٍ صحيح.

ليست جميع الأطراف الشبحية مؤلمة. نشر راماشاندران اكتشافاته، وبدأ المبتورون يلتمسونه. نقل عدة أشخاص بُترت أرجلهم أنهم غالباً ما يشعرون بهزة

الجمـــاع في أرجلهم وأقدامهم الشبحية. واعترف رجلٌ أنّ هزة الجماع أصبحت "أكبر بكثير" مما كانت قبل بتر ساقه، لأنّ رِجله وقدمه الشبحيتين كانتا أكبر بكثير مـــن أعضائه التناسلية. ورغم أنّ مرضى كهؤلاء كان يتمّ صرف النظر عنهم في ما مـــضى على أنهم مفرطون في الخيال، إلا أنّ راماشاندران جادل بأنّ ادّعاءهم هو منطقـــي تمامـــاً من الناحية العصبية العلمية. تُظهر خريطة الدماغ لبنفيلد الأعضاء التناســـلية مجـــاورةً للقدمين[12]، وحيث إنّ القدمين لم تعودا تستقبلان مُدخلات حسّية، فمن المرجّح أن تكون خريطة الأعضاء التناسلية قد غزت خريطة القدمين، بحـــيث إنـــه عندما تختبر الأعضاء التناسلية لذّةً، كذلك تفعل القدم الشبحية. وبدأ راماشـــاندران يتـــساءل ما إذا كان الانهماك الجنسي لبعض الناس بالأقدام ناشئاً بشكلٍ جزئي عن تجاور القدمين والأعضاء التناسلية في خريطة الدماغ.

أمكـــن أيـــضاً تفسير ألغاز جنسية أخرى. ذكر طبيبٌ إيطالي، هو الدكتور ســـالفاتور أغليوتي، أنّ بعض النساء اللواتي استُئصلت أثداؤهنّ يختبرن إثارة جنسية عندما يتمّ تنبيه آذانهن، أو تراقيهنّ، أو صدورهنّ (عظم القصّ). كل هذه الأجزاء هـــي قـــريبة مـــن حلمات الثدي في خريطة الدماغ. كما أنّ بعض الرجال الذين أصـــيبوا بورمٍ سرطاني في قضيب استدعى بتره، لا يختبرون وجود قضيب شبحي فحسب، وإنما انتصاب شبحي أيضاً.

عـــندما فحص راماشاندران المزيد من المبتورين، اكتشف أنّ نصف هؤلاء تقـــريباً يختـــبرون شـــعوراً بغيضاً بأنّ أطرافهم الشبحية مجمّدة، أو معلّقة في وضعٍ مـــشلول ثابت، أو مغلّفة بإسمنت. ويشعر آخرون أنهم يحملون معهم بمشقّة وجهد ثقلاً ميّتاً. ولكنّ صور الأطراف المشلولة لا تصبح مجمّدةً فقط. ففي بعض الحالات الفظـــيعة يتمّ احتجاز الألم المبرّح الأصلي لفقد الطرف. يمكن أن يختبر الجنود، عند انفجار قنابل يدوية في أيديهم، ألماً شبحياً يُكرّر دون نهاية لحظة الانفجار الموجعة. صـــادف راماشـــاندران امرأةً تمّ بتر إبهامها المصاب بقضمة الصقيع، ولكنّ إبهامها الـــشبحي "جمّـــد" آلام قضمة الصقيع المبرّحة في المكان. يُعذَّب الناس بذكريات شـــبحية للغنغرينا، والأظافر الغارزة في اللحم، والبثرات، والجروح التي شُعِر بها في الطرف قبل بتره، وخاصةً إذا كان ذلك الألم موجوداً حال البتر[13]. لا يختبر هؤلاء المرضـــى تلك الكروب "كذكريات" ألمٍ باهتة، بل كآلام حادثة في الحاضر. يمكن

أحياناً أن يكون مريضٌ خالياً من الألم لعقود، ومن ثمّ يتسبّب حدثٌ معين، ربما إقحام إبرة في نقطة منبِّهة، إلى إعادة تفعيل الألم بعد أشهر أو سنوات[14].

عندما راجع راماشاندران التواريخ الطبية للمرضى الذين شكوا من أذرع شبحية مجمّدة مؤلمة، اكتشف أنّ أذرعهم جميعاً قد وُضعت في معاليق أو قوالب لعدة أشهر قبل البتر. وبدا أنّ خرائط أدمغتهم تسجّل الآن، طوال الوقت، الموضع الثابت للذراع مباشرةً قبل البتر. بدأ راماشاندران يشكّ في أنّ عدم وجود الذراع هو الذي أتاح لإحساس الشلل أن يستمر. عادةً، عندما يرسل مركز الأوامر الحركي في الدماغ أمراً لتحريك الذراع، فإنّ الدماغ يحصل على ردة فعل من حوّاس مختلفة، تؤكّد أنّ الأمر قد نُفِّذ. ولكنّ دماغ الشخص الفاقد للذراع لا يحصل أبداً على تأكيد بأنّ الذراع قد تحرّكت، بسبب عدم وجود ذراع أو أجهزة إحساس طبيعية في الذراع لتزوّد بردة الفعل تلك. وبالتالي، فإنّ الدماغ يحسب بأنّ الذراع مجمّدة. وبما أنّ الذراع قد وُضعت في القالب أو المعلاق لأشهر، فقد طوّرت خريطة الدماغ تمثيلاً لها على أنها غير متحرّكة. وعندما تمّ بتر الذراع، لم يعد هناك مُدخلات جديدة لتعديل خريطة الدماغ، ولهذا فإنّ التمثيل العقلي للذراع كطرف ثابت يصبح مجمّداً زمنياً - وهي حالةٌ مماثلة للشلل المُتعلَّم الذي اكتشفه تاوب في مرضى السكتات الدماغية.

اعتقد راماشاندران بأنّ غياب المعلومات تلك لا يسبب فقط الأطراف الشبحية المجمّدة، بل أيضاً الألم الشبحي. قد يرسل مركز الدماغ الحركي أوامر لعضلات اليد لتنقبض، ولكن بسبب عدم تلقّيه معلومات تؤكّد حركة اليد، يقوم بتصعيد أمره، كما لو كان يقول: "أحكمي الشدّ! أنت لا تشدّين بما يكفي! لم تلمسي بعد راحة اليد! شدّي بأقصى قوة تستطيعينها!"، ويشعر هؤلاء المرضى أنّ أظافرهم تنشب في راحة يدهم. وفي حين أنّ إحكام الشدّ الحقيقي سبّب ألماً عندما كانت الذراع موجودة، فإنّ هذا الشدّ الخيالي يستحثّ الألم لأنّ الانقباض الأقصى والألم مرتبطان في الذاكرة[15].

ثم سأل راماشاندران سؤالاً جريئاً للغاية: هل يمكن "نسيان" الشلل والألم الشبحيين؟ كان هذا هو السؤال الذي قد يسأله الأطباء النفسانيون، والسيكولوجيون، والمحلّلون النفسيون: كيف يغيّر المرء حالةً لها حقيقةٌ نفسية دون أن يكون لها حقيقةٌ

ماديـــة؟ بـــدأ عمل راماشاندران يطمس الحدّ الفاصل بين علم الأعصاب والطبّ النفسي، وبين الحقيقة والوهم.

ثمّ **خطـــرت لراماشاندران الفكرة السحرية** لمحاربة وهمٍ بآخر. ماذا لو كان بإمكانـــه أن يرســـل إشارات كاذبة إلى الدماغ لجعل المريض يظنّ أنّ الطرف غير الموجود يتحرّك؟

قـــاده السؤال أعلاه إلى اختراع صندوق مرآة مصمّم لخداع دماغ المريض. سيريه الصندوق الصورة المعكوسة ليده السليمة في المرآة لجعله يعتقد أنّ يده المبتورة قد "بُعثِت" من جديد.

صـــندوق المرآة هو بحجم صندوق كعكة بدون غطاء ومقسوم إلى قسمين، أحـــدهما إلى الـــيمين والآخر إلى اليسار. وهناك فتحتان في مقدّمة الصندوق. إذا كانت اليد اليسرى للمريض مبتورة، يضع يده اليمنى السليمة من خلال الفتحة في القسم الأيمن. ثمّ يُطلَب منه أن يتخيّل أنه يضع يده الشبحية في القسم الأيسر.

أمـــا القاســـم الذي يفصل القسمين في الصندوق فهو مرآة رأسية تواجه اليد السليمة. وبما أنّ الصندوق لا غطاء له، فبإمكان المريض، إذا مال قليلاً إلى اليمين، أن يـــرى **الـــصورة المعكوســـة** في المرآة ليده اليمنى السليمة، التي ستبدو أنها يده اليـــسرى كمـــا كانـــت قبل البتر. وبينما يحرّك يده اليمنى جيئة وذهاباً، فإنّ يده اليـــسرى "المبعوثة" سوف تظهر أيضاً كما لو كانت تتحرك جيئة وذهاباً، مركّبةً على يده الشبحية. أمِل راماشاندران أنّ دماغ المريض قد يحصل على الانطباع بأنّ الذراع الشبحية تتحرّك.

من أجل أن يجد مرضى لاختبار صندوق المرآة، وضع راماشاندران إعلانات مبهمة في الصحف المحلية تقول: "مطلوب مبتورون". استجاب "فيليب مارتينـــز" للإعلان.

قـــبل حـــوالى عقد من الزمان، قُذف فيليب بقوة في الهواء بينما كان يقود دراجته النارية بسرعة 70 كم/ساعة. تمزّقت كل الأعصاب الممتدة من يده اليسرى وذراعه إلى عموده الفقري بسبب الحادث. كانت ذراعه لا تزال موصولة بجسمه، ولكـــن لم تكـــن هناك أية أعصاب عاملة لترسل إشارات من عموده الفقري إلى ذراعـــه، ولم تدخل أية أعصاب عموده الفقري لتنقل الإحساس إلى دماغه. كانت

ذراع فيليب أسوأ من كونها عديمة النفع: فهي مجرّد عبء لا يمكن تحريكه، وعليه أن يبقيها في معلاق. ولهذا فقد اختار أخيراً أن تُبتَر ذراعه. ولكنّ بتر الذراع جعله يشعر بألمٍ شبحي رهيب في مرفقه الشبحي. شعر فيليب أيضاً بأنّ ذراعه الشبحية كانت مشلولة، وتملّكه إحساسٌ بأنه إذا استطاع فقط أن يحرّكها، فقد يخفّف الألم. أصابه هذا الوضع المأساوي باكتئاب شديد إلى حدّ أنه فكّر في الانتحار.

عندما وضع فيليب ذراعه السليمة في صندوق المرآة، لم يبدأ فقط في "رؤية" "ذراعه الشبحية" تتحرّك، ولكنه شعر بها تتحرّك للمرة الأولى. قال فيليب بانذهال وفرح غامر أنّ ذراعه الشبحية قد "وُصلت بالكهرباء مرةً أخرى".

ولكن في اللحظة التي كان يتوقّف فيها عن النظر إلى الصورة المعكوسة في المرآة أو يُغمض عينيه، كان الطرف الشبحي يجمد. أعطى راماشاندران صندوق المرآة لفيليب ليأخذه معه إلى البيت، ويتدرّب على استعماله، آملاً أنّ فيليب قد ينسى شلله بتحفيز تغيُّر لدن يمكن أن يجدّد الاتصالات الكهربائية لخريطة دماغه. استخدم فيليب الصندوق لعشر دقائق في اليوم، ولكن بدا أنه كان يؤدّي إلى نتيجة فقط إذا كانت عيناه مفتوحتَين، تنظران إلى الصورة المعكوسة ليده السليمة في المرآة.

ثمّ بعد أربعة أسابيع، تلقّى راماشاندران اتصالاً هاتفياً متحمّساً من فيليب، أخبره فيه أنّ ذراعه الشبحية لم تفقد جمودها بشكلٍ دائم فحسب، ولكنها اختفت أيضاً، حتى عندما لا يكون مستخدماً للصندوق. كما تلاشى أيضاً مرفقه الشبحي وألمه المبرّح. ولم يتبقَّ إلا أصابع شبحية غير مؤلمة تتدلى من كتفه.

أصبح ف. س. راماشاندران، الساحر العصبي، أول طبيب يجري عملية مستحيلة ظاهرياً: البتر الناجح لطرفٍ شبحي.

* * *

استخدم راماشاندران صندوقه لعلاج عدد من المرضى، فقد نصفهم تقريباً ألمهم الشبحي[16]، وحلّوا جمود أطرافهم الشبحية، وبدأوا يشعرون بالسيطرة عليها. وجد علماء آخرون أيضاً أنّ المرضى الذين يتدرّبون على استعمال صندوق المرآة يصبحون أفضل. يُظهر مسح الدماغ *fMRI* أنه مع تحسُّن هؤلاء المرضى، فإنّ الخرائط الحركية لأطرافهم الشبحية تزداد، ويتمّ عكس تقلّص الخريطة المرافق للبتر[17]، وتستوي الخرائط الحركية والحسّية[18].

يبدو أنّ صندوق المرآة يُعالج الألم بتعديل إدراك المرضى الحسّي لصورة جسمهم. وهذا اكتشاف مدهش لأنه يسلّط الضوء على الكيفية التي تعمل بها عقولنا وكيفية اختبارنا للألم.

يرتبط الألم وصورة الجسم بشكلٍ وثيق. نحن دائماً نختبر الألم كما لو كان **مسلّطاً على** الجسم. عندما يؤلمك ظهرك تقول: "ظهري يقتلني!" وليس "جهاز الألم يقتلني". ولكن، كما تُبيِّن الأطراف الشبحية، نحن لسنا بحاجة إلى جزءٍ من الجسم أو حتى إلى مستقبِلات ألم لنشعر بالألم. نحن بحاجة فقط إلى **صورة جسمٍ** تنتجها خرائط أدمغتنا. ولكنّ الناس ذوي الأطراف الفعلية لا يدركون هذا عادةً، لأنّ صوَر الجسم لأطرافنا **مسلّطة تماماً** على أطرافنا الفعلية، بحيث يستحيل أن نميّز صورة الجسم عن الجسم نفسه. يقول راماشاندران: "جسمك نفسه هو جسمٌ شبحي أنشأه الدماغ من أجل الملاءمة فقط".

إنّ صوَر الجسم المشوّهة شائعة وهي توضّح أنّ هناك فرقاً بين صورة الجسم والجسم نفسه. يختبر المصابون بالقَهَم أجسامهم على أنها بدينة مع أنهم يكونون على حافة الموت جوعاً. يمكن للناس ذوي صور الجسم المشوّهة، وهي حالةٌ تُعرف باسم "اضطّراب تشوّه الجسد"، أن يختبروا جزءاً من الجسم على أنه معيوب رغم أنه ضمن المعايير الطبيعية تماماً. هم يحسبون أنّ آذانهم، أو أنوفهم، أو شفاههم، أو أفخاذهم كبيرة جداً أو صغيرة جداً، أو مجرّد "خاطئة"، ويشعرون بخجلٍ هائل. يسعى مثل هؤلاء الناس غالباً إلى إجراء جراحة تجميلية ولكنّ شعورهم بأنهم مشوّهون لا يفارقهم بعد الجراحة. إنّ ما يحتاج إليه هؤلاء الناس ليس جراحة تجميلية بل "جراحة لدونة عصبية" لتغيير صورة جسمهم.

إنّ نجاح راماشاندران بتجديد الاتصالات الكهربائية للأطراف الشبحية جعله يفكّر في إمكانية وجود طرق لتجديد الاتصالات الكهربائية لصوَر الجسم المشوّهة. من أجل أن أفهم على نحوٍ أفضل ما يعنيه بصورة الجسم، سألته إن كان بإمكانه أن يوضِّح عملياً الفرق بين صورة الجسم، والتركيب العقلي، والجسم المادي.

أجلسني راماشاندران إلى طاولة، وأخرج يداً مطاطية زائفة مثل تلك التي تُباع في محلات البدع، ووضعها على الطاولة، بحيث تتوازى أصابعها مع حافة الطاولة أمامي، وتبعد عن الحافة مسافة 2.5 سم تقريباً. وطلب مني أن أضع يدي على

الطاولة بشكلٍ موازٍ لليد الزائفة، ولكن على بعد 20 سم من حافة الطاولة. كانت اليد الزائفة ويدي متراصفتَين تماماً، وتشيران إلى نفس الاتجاه. ثمّ وضع حاجزاً كرتونياً بين اليد الزائفة ويدي، بحيث إني لا أستطيع أن أرى سوى اليد الزائفة.

ثم قام بتمسيد اليد الزائفة بيده، وأنا أراقب. وفي الوقت نفسه، مسّد بيده الأخرى يدي المخفية خلف الحاجز. عندما مسّد الإبهام الزائف، مسّد أيضاً إبهام يدي. وعندما ربّت على الخنصر الزائف ثلاث مرات، ربّت أيضاً على خنصري ثلاث مرات بنفس الإيقاع. وعندما مسّد الإصبع الأوسط الزائف، مسّد أيضاً إصبعي الأوسط بيده الأخرى.

وخلال لحظات، تلاشى شعوري بأنّ يدي كانت تُمسَّد، وبدأت أختبر الشعور بتمسيد يدي كما لو كان صادراً من اليد الزائفة. أصبحت اليد الزائفة جزءاً من صورة جسمي! تستند هذه الأخدوعة إلى نفس المبدأ الذي يجعلنا نُخدَع ونظنّ أنّ دمى المتكلّم من بطنه، أو الرسوم المتحرّكة، أو ممثّلي الأفلام يتكلمون فعلياً لأنّ الشفاه تتحرّك متزامنةً مع الصوت.

ثم قام راماشاندران بخدعة أبسط. طلب مني أن أضع يدي اليمنى تحت الطاولة، بحيث لا أراها. ثمّ نقر سطح الطاوِلة بيد، ونقر بيده الأخرى يدي المخفية تحت الطاولة بنفس الإيقاع. وحين كان يغيّر موضع النقر على سطح الطاولة إلى اليمين أو اليسار قليلاً، كان يحرّك يده تحت الطاولة بنفس القدر تماماً. وبعد بضع دقائق، توقّفتُ عن اختبار نقره ليدي تحت الطاولة وبدأت بدلاً من ذلك – على قدر ما يبدو ذلك مذهلاً – أشعر أنّ صورة الجسم ليدي قد اندمجت مع سطح الطاولة، بحيث إنّ إحساسي بنقر يدي بدا صادراً من سطح الطاولة. كان قد أنشأ راماشاندران وهماً توسّعت فيه صورة الجسم الحسّية لتشمل قطعة أثاث!

قام راماشاندران بوصل مرضى بأسلاك متصلة بمقياس استجابة الجلد "الغلفاني" الذي يقيس استجابات الإجهاد خلال تجربة الطاولة هذه. بعد تمسيد سطح الطاولة ويد المريض تحتها إلى أن تتوسّع صورة الجسم للمريض لتشمل الطاولة، كان راماشاندران يُخرج مطرقةً ويضرب بها سطح الطاولة بعنف. كانت استجابة الإجهاد للمريض ترتفع بصورة هائلة، كما لو كان راماشاندران قد ضرب بعنف يد المريض الفعلية.

* * *

وفقاً لراماشاندران، فإنّ الألم، كما هي صورة الجسم، يُنشأ بواسطة الدماغ ويُسلّط على الجسم. هذا الجزم مناقضٌ للحسّ السليم ووجهة نظر علم الأعصاب التقليدية حول الألم التي تقول إننا عندما نتألّم، فإنّ مستقبلات الألم ترسل إشارةً **أحادية الاتجاه** إلى مركز الألم في الدماغ وأنّ شدة الألم المُدرَكة تتناسب طردياً مع جدّية الإصابة. نحن نفترض أنّ الألم يحفظ دوماً تقرير تلف دقيقاً. ترجع وجهة النظر التقليدية هذه إلى الفيلسوف الفرنسي ديكارت، الذي رأى الدماغ كمستقبلٍ سلبي للألم. ولكنّ تلك النظرة قُلِبَت رأساً على عقب في العام 1965، عندما كتب العالمان العصبيان رونالد ملزاك (كندي درس الأطراف الشبحية والألم) وباتريك وول (إنكليزي درس الألم واللدونة) أهمّ مقال في التاريخ حول الألم[19]. جزمت نظرية وول وملزاك أنّ جهاز الألم منتشرٌ في كامل أنحاء الدماغ والحبل الشوكي، وأنّ الدماغ ليس مستقبلاً سلبياً للألم، بل هو على العكس من ذلك يسيطر دوماً على إشارات الألم التي نشعر بها[20].

عُرِفت نظريتهما باسم "نظرية بوابة التحكّم بالألم"، وقد اقترحت سلسلة من نقاط المراقبة، أو "البوابات"، بين موقع الإصابة والدماغ. عندما تُرسَل رسائل الألم من النسيج المُتلَف عبر الجهاز العصبي، فهي تمرّ عبر عدة "بوابات"، بدءاً من الحبل الشوكي، قبل أن تصل إلى الدماغ. ولكنّ هذه الرسائل تنتقل فقط إذا أعطاها الدماغ "الإذن"، بعد أن يحدّد إن كانت مهمةً بما يكفي للسماح لها بالمرور. فإذا مُنِح الإذن، فإنّ بوابةً ستفتح وتزيد شعور الألم بالسماح لعصبونات معينة أن تشتغل وتنقل إشاراتها. يمكن للدماغ أيضاً أن يغلق بوابة ويحجز إشارة الألم بإطلاق الإندورفينات، وهي المخدّرات التي يصنعها الجسم لتخفيف الألم.

فسّرت نظرية بوابة التحكّم جميع أنواع تجارب الألم بشكلٍ معقول. على سبيل المثال، عندما هبط الجنود الأميركيون في إيطاليا في الحرب العالمية الثانية، ذكر 70 بالمئة من الجنود الذين كانوا مصابين بجروح خطيرة أنهم لم يكونوا متألّمين ولا يريدون خامدات للألم[21]. لا يشعر الرجال الجرحى على أرض المعركة بالألم ويستمرون في القتال، كما لو كان الدماغ يغلق البوابة ليُبقي انتباه الجندي المقاتل على كيفية تفادي الأذى[22]. فقط عندما يصبح الجندي آمناً، يُسمَح لإشارات الألم أن تمرّ إلى الدماغ.

عـــرف الأطباء منذ زمنٍ طويل أنّ المريض الذي يتوقّع أن يخفّ ألمه لدى تناوله لحبّة دواء، يحصل غالباً على مراده رغم أنها حبّة إرضائية لا تحتوي على أي دواء. يُظهر مسح الدماغ *fMRI* أنّ الدماغ يخفض نشاط مناطقه المستجيبة لـــلألم أثناء تأثير الدواء الإرضائي[23]. عندما تُهدِّئ أمّ طفلها المتألّم بالتربيت علـــيه والتحدث بلطف معه، فهي تساعد دماغه على تخفيض حجم الألم. إنّ حجـــم الألم الذي نشعر به يُحدَّد في جزء كبيرٍ منه بواسطة أدمغتنا وعقولنا – مـــزاجنا الحـــالي، وتجاربـــنا السابقة مع الألم، وسيكولوجيتنا، ومدى تقديرنا لخطورة الإصابة.

أظهـــر وُول وملـــزاك أنّ العصبونات في جهاز الألم خاصتنا هي أكثر لدونة بكـــثير مما تخيّلنا أبداً[24]، وأنّ خرائط الألم الهامة في الحبل الشوكي يمكن أن تتغيّر عقـــب الإصـــابة، وأنّ الإصـــابة المزمنة يمكن أن تجعل الخلايا في جهاز الألم تتّقد (ترســـل إشـــارات كهـــربائية) بسهولة أكثر – تعديل لدن – ما يجعل الشخص حـــسّاساً بإفراط للألم[25]. يمكن للخرائط أيضاً أن توسّع حقلها الحسّي (التقبُّلي) لتمـــثّل جزءاً أكبر من سطح الجسم، مُزيدةً بذلك الحساسية للألم[26]. عندما تتغيّر الخـــرائط، فـــإنّ إشارات الألم في إحدى الخرائط يمكن أن "تُراق" إلى خرائط الألم المجاورة، وقد نطوِّر "ألماً مُحالاً"[27]، وذلك عندما نتألّم في جزء من جسمنا ونشعر بالألم في جزءٍ آخر. وأحياناً ترتد إشارة ألمٍ واحدة في كامل أنحاء الدماغ بحيث إنّ الألم يستمر حتى بعد توقُّف محفّزه الأصلي.

أدّت نظـــرية بوابة التحكّم إلى علاجات جديدة لمنع الألم. ابتكر وول علاج "التحفيز العصبـــي الكهربائي عبر الجلد"، أو *TENS*، الذي يستخدم تياراً كهرائياً لتنبيه العصبونات التي **تثبّط** الألم، ما يساعد بالتالي على إغلاق البوابة. أدّت نظرية بوابة التحكّم أيضاً إلى جعل العلماء الغربيين أقلّ شكاً في علاج الوخز بالإبر الذي يقلّل الألم بتنبيه نقاط في الجسم بعيدة غالباً عن موقع الإحساس بالألم. بدا معقولاً أنّ الوخز بالإبر يُشغّلُ العصبونات التي **تثبّط** الألم، ما يؤدّي إلى غلق البوابات ومنع الإدراك الحسّي للألم.

توصّل وول وملزاك إلى اكتشافٍ ثوري آخر: يشتمل جهاز الألم على عناصر حـــركية. عندما نجرح إصبعاً، نحن نضغط عليه لاإرادياً، وذاك فعلٌ حركي. ونحن

نحـــرس غريزياً كاحلاً مصاباً بإيجاد موقعٍ آمن. أوامر الاحتراس: "لا تحرّك عضلة حتى يتحسّن ذلك الكاحل".

موسّعاً نظرية بوابة التحكّم، قام راماشاندران بتطوير فكرته التالية القائلة بأنّ الألم جهازٌ معقّد خاضعٌ لسيطرة الدماغ اللدن. وقد لخّص الفكرة كما يلي: "الألم هو رأيٌ حول الحالة الصحية للكائن الحيّ وليس مجرد استجابة انعكاسية للإصابة"[28]. يجمـــع الـــدماغ الدلـــيل مـــن مـــصادر عديدة قبل أن يستحثّ الألم. وقد قال راماشاندران أيضاً أنّ "الألم وهم" وأنّ "عقلنا هو آلة حقيقة افتراضية"، تختبر العالم بشكلٍ غير مباشر وتعالجه بحركة واحدة *at one remove*، مُنشئةً نموذجاً في رأسنا. وهكـــذا، فـــإنّ الألم، كمـــا هـــي صورة الجسم، مُنشأ بواسطة الدماغ. بما أنّ راماشـــاندران استطاع أن يستخدم صندوق المرآة لتعديل صورة الجسم والتخلّص من الطرف الشبحي وألمه، فهل يستطيع أيضاً أن يستخدم صندوق المرآة لجعل الألم المزمن في طرف حقيقي يختفي؟[29].

فكّـــر راماشاندران بأنه قد يتمكّن من معالجة "الألم المزمن من النوع الأول" المُختبَـــر في اضطّراب يُعرَف باسم "التغذية السيئة السمبثاوية الانعكاسية". يحدث هـــذا الاضطّراب عندما تؤدّي إصابةٌ ثانوية، مثل رضّة أو لسعة حشرة على رأس الإصبع، إلى جعل الطرف (الذراع أو الرجل) بأكمله مؤلماً بشكلٍ مبرح بحيث إنّ "الاحتـــراس" يمنع المريض من تحريكه. يمكن لهذه الحالة أن تستمر لفترة طويلة بعد الإصابة الأصلية وغالباً ما تصبح مزمنة، وتترافق مع انـــزعاج وألمٍ مبرح لدى مسّ أو تمـــسيد جلد المريض بلطف. خمّن راماشاندران بأنّ لدونة الدماغ المتمثّلة بقدرته على تجديد اتّصالاته الكهربائية كانت تقود إلى شكلٍ مرضي من الاحتراس.

عندما نحترس، نحن نمنع عضلاتنا من التحرّك ونفاقم إصابتنا. لو كنا مضطّرين إلى تـــذكير أنفسنا عمداً بأن لا نتحرّك، فسيصيبنا الإنهاك ونخطئ، ونؤذي أنفسنا، ونـــشعر بالألم. فكّر راماشاندران: والآن، لنفترض أنّ الدماغ يمنع الحركة الخاطئة باستحثاث الألم في اللحظة التي **تسبق** حدوث الحركة، أي بين الوقت الذي يصدر فيه المركز الحركي الأمر للتحرّك والوقت الذي تُؤدَّي فيه الحركة. هل هناك طريقة يمـــنع بهـــا الدماغ الحركة أفضل من جعل الأمر الحركي نفسه يستحثّ الألم؟[30] اعـــتقد راماشاندران بأنّ الأمر الحركي في مرضى الألم المزمن يصبح متّصلاً بجهاز

الألم، بحيث إنه على الرغم من شفاء الطرف، إلا أنّ الدماغ لا يزال يستحثّ الألم عندما يرسل أمراً حركياً لتحريك الطرف.

أطلق راماشاندران على هذا الألم اسم "الألم المُتعلَّم"، وتساءل ما إذا كان بإمكان صندوق المرآة أن يخفّفه. لقد جُرِّبت جميع العلاجات التقليدية على هؤلاء المرضى – عرقلة الاتصال العصبي إلى المنطقة المؤلمة، والعلاج الفيزيائي، وخامدات الألم، والوخز بالإبر، وتجبير العظام – دون جدوى. في دراسة أجراها فريق ضمّ باتريك وول[31]، طُلب من المريض أن يضع كلتا يديه في صندوق المرآة، وهو يجلس بطريقة تمكّنه فقط من رؤية يده السليمة وانعكاسها في المرآة. ثمّ طُلب منه أن يحرّك ذراعه السليمة في الصندوق بأية طريقة يختارها (وذراعه المصابة إن أمكن) لمدة عشر دقائق، عدة مرات في اليوم، على مدى عدة أسابيع. لعلّ الانعكاس المتحرّك، الذي حدث بدون أمرٍ حركي لاستحثاثه، كان يخدع دماغ المريض ليحسب أنّ ذراعه المصابة تستطيع الآن أن تتحرّك بحرّية دون ألم، أو لعلّ هذا التمرين كان يمكّن الدماغ من تعلُّم أنّ الاحتراس لم يعد ضرورياً، بحيث إنه سيقطع الآن الوصلة العصبونية بين الأمر الحركي لتحريك الذراع وجهاز الألم.

جاءت نتائج الدراسة على النحو التالي: أظهر المرضى الذين عانوا من متلازمة الألم لمدة شهرين فقط تحسّناً ملحوظاً، حيث خفّ الألم في اليوم الأول، واستمر التأثير حتى بعد انتهاء جلسة التدرّب على صندوق المرآة، ثمّ اختفى الألم كلياً بعد شهرٍ واحد. أما المرضى الذين عانوا من متلازمة الألم لفترة تراوحت بين خمسة أشهرٍ وسنة فلم يتحسّنوا بنفس القدر، ولكنّ تيبُّس أطرافهم زالَ وتمكّنوا من العودة إلى العمل. أما أولئك الذين عانوا من الألم لأكثر من سنتين، فقد عجزوا عن التحسُّن.

لماذا؟ أحد التخمينات هو أنّ مرضى الأمد الطويل هؤلاء لم يحرّكوا أطرافهم المحروسة لفترة طويلة جداً بحيث إنّ الخرائط الحركية للطرف المصاب بدأت في التبدُّد؛ مبدأ "استعمله أو اخسره". فكل ما تبقّى منها هو الوصلات القليلة التي كانت غايةً في الفاعلية عندما استُخدم الطرف لآخر مرة، وللأسف أنّ هذه الوصلات هي وصلات لجهاز الألم، تماماً كما طوّر المرضى، الذين كانت أطرافهم في قوالب قبل البتر، أطرافاً شبحية "عالقة" في المكان نفسه حيث كانت أذرعهم قبل البتر.

فكّر عالِمٌ أسترالي يُدعَى ج. ل. موسلاي[32] أنه قد يتمكّن من مساعدة المرضى الذين لم يتحسّنوا باستخدام صندوق المرآة، غالباً لأنّ ألمهم كان عظيماً جداً بحيث إنهم لم يستطيعوا أن يحرّكوا أطرافهم باستخدام علاج المرآة. فكّر موسلاي أنّ بناء الخريطة الحركية للطرف المصاب من خلال التمارين العقلية قد يستحثّ تغييراً لدناً. ولهذا فقد طلب من هؤلاء المرضى أن **يتخيّلوا** فقط أنهم يحرّكون أطرافهم المؤلمة، بدون تنفيذ الحركات، من أجل تفعيل شبكات الدماغ الخاصة بالحركة. نظر المرضى أيضاً إلى صور أيد، لتحديد ما إذا كانت يمنى أو يسرى، إلى أن استطاعوا أن يعيّنوها بسرعة وبدقة، وهي مهمة معروفة بتنشيطها للقشرة الحركية. وشاهد المرضى أيضاً صوراً لأيدٍ في أوضاعٍ مختلفة وطُلِب منهم أن يتخيّلوها لخمس عشرة دقيقة، ثلاث مرات في اليوم. وبعد ممارسة تمارين التخيُّل، خضع المرضى لعلاج المرآة، حيث قلّ الألم في بعضهم، واختفى في نصفهم، بعد اثني عشر أسبوعاً من العلاج.

نتيجة مذهلة بالفعل: علاج جديد بالكامل للألم المزمن المبرح يستخدم التخيُّل والوهم لإعادة تركيب خرائط الدماغ بلدونة، وبدون دواء، أو إبر، أو كهرباء.

قاد اكتشاف خرائط الألم أيضاً إلى مقاربات جديدة في مجالَي الجراحة واستخدام أدوية الألم. يمكن تقليل الألم الشبحي التالي للجراحة إلى الحدّ الأدنى إذا حصل المرضى المعالَجون بالجراحة على إحصارات عصبية محلية أو مخدِّرات محلية تؤثّر على الأعصاب المحيطية **قبل** أن يجعلهم المخدِّر العام يستغرقون في النوم[33]. أما خامدات الألم التي تُعطى قبل الجراحة، وليس بعدها فقط، فيبدو أنها تمنع التغيّر اللدن في خريطة الألم للدماغ التي قد "تحتجز" الألم[34].

بيّن راماشاندران وإريك ألتسشولر أنّ صندوق المرآة فعالٌ أيضاً في علاج مشاكل أخرى لا تتعلّق بالأطراف الشبحية، مثل الأرجل المشلولة لمرضى السكتات الدماغية[35]. يختلف علاج المرآة عن علاج تاوب في أنه يخدع دماغ المريض بحيث يحسب أنه يحرّك الطرف المصاب، ليبدأ الدماغ، بالتالي، في تنبيه البرامج الحركية لذلك الطرف. أظهرت دراسة أخرى أنّ علاج المرآة كان مفيداً في تهيئة مريض سكتة دماغية مشلول على نحوٍ وخيم، والذي لم تعد جهة واحدة من جسمه مستعمَلَة، لعلاجٍ شبيهٍ بعلاج تاوب[36]. استطاع المريض أن يستعيد جزءاً من

وظيفة ذراعه، وهي المرة الأولى التي تمّ فيها استخدام مقاربتين جديدتين مستندتين إلى اللدونة - علاج المرآة والعلاج الشبيه بعلاج CI - بشكلٍ متتابع.

نشأ راماشاندران في الهند في عالمٍ شاعت فيه العديد من الأشياء التي بدت خيالية للغربيين. علم راماشندران بشأن يوغيين خفّفوا المعاناة بالتأمّل ومشوا حفاةً على فحمٍ ساخن أو استلقوا على مسامير. ورأى أناساً متديّنين في غشية يغرزون إبراً في أذقانهم. كانت فكرة أنّ الكائنات الحيّة تغيّر أشكالها مقبولةً على نطاق واسع، وكان مسلّماً بقدرة العقل على التأثير على الجسد، ونُظِر إلى الوهم كقوةٍ أساسية جداً بحيث إنه مُثّل في آلهة الوهم مايا. نقل راماشاندران إحساس العجائب من شوارع الهند إلى علم الأعصاب الغربي، ويثير عمله أسئلةً تمزج الاثنين. ما هي الغشية سوى إغلاق لبوابات الألم داخلنا؟ لماذا يجب أن نفكّر في أنّ الألم الشبحي هو أقلّ حقيقةً من الألم العادي؟ لقد ذكّرنا راماشاندران بأنّ العلم العظيم يمكن أن يكون بسيطاً بتألّق.

8

التخيّل

كيف يجعله التفكير كذلك

أنـــا في بوســـطن في مختـــبر التنبيه المغنطيسي للدماغ، في مركز "بيث إسرائيل ديكونس" الطبـــي Beth Israel Deaconess Medical Center، وهو جزءٌ من كلية طـــبّ هارفـــارد. ألفارو باسكوال – ليون هو رئيس المركز، وقد أظهرت تجاربه أننا نـــستطيع أن نغيّر التركيب البنيوي لدماغنا باستخدام تخيّلاتنا فقط. وضع باسكوال – لـــيون لـــتوّه آلة بشكل مجذاف على الجانب الأيسر من رأسي. تُطلق هذه الآلة تنبيهاً مغنطيـــسياً عـــبر "قحفي"، أو *TMS*، ويمكن أن تؤثّر في سلوكي. يوجد داخل الغطاء البلاستيكي للآلة ملفّ من سلك النحاس، يمرّ خلاله تيار لتوليد حقلٍ مغنطيسي متغيّر يـــندفع داخـــل دماغي نحو محاوير عصبوناتي الشبيهة بالسلك، ومن هناك إلى الخريطة الحركية ليدي في القشرة الخارجية لقشرتي المخيّة. يستحثّ المجال المغنطيسي المتغيّر تياراً كهـــربائياً حـــوله[1]، وقد كان باسكوال – ليون رائداً في استخدام الـــ *TMS*، لجعل العـــصبونات تتّقد (تطلق إشارات كهربائية). في كل مرة يُشغِّل فيها الحقل المغنطيسي، يتحرّك البنصر في يدي اليمنى لأنه ينبّه منطقة حجمها 0.5 سم^3 في دماغي، تتألّف من ملايين الخلايا. تمثّل هذه المنطقة خريطة الدماغ لذلك الإصبع.

التنبيه المغنطيسي عبر القحفي *TMS* هو جسر مبدع داخل دماغي. يمر حقله المغنطيـــسي بدون ألم وبدون ضرر عبر جسمي، مستحثاً تياراً كهربائياً فقط عندما يـــصل الحقل إلى عصبوناتي. اضطّر ويلدر بنفلد إلى فتح الجمجمة جراحياً وإقحام

مجسّه الكهربائي في الدماغ لتنبيه القشرة الحسّية أو الحركية. عندما يُشغّل باسكوال - ليون الآلة ويجعل إصبعي يتحرّك، أنا أختبر **بالضبط** ما اختبره مرضى بنفيلد عندما فتح جماجمهم ونخسها بأقطاب كهربائية كبيرة.

لا يزال ألفارو باسكوال - ليون شاباً رغم كل إنجازاته. وُلد في العام 1961 في فالنسيا في أسبانيا، وأجرى أبحاثاً هناك وفي الولايات المتحدة. أرسله والداه، وكلاهما طبيب، إلى مدرسة ألمانية في أسبانيا حيث درس، مثل العديد من اختصاصيي اللدونة العصبية، الفلاسفة الألمان والإغريق الكلاسيكيين قبل أن يتحوّل إلى دراسة الطبّ. وقد حصل على شهادة الدكتوراه في الطبّ وشهادة الدكتوراه في الفسيولوجيا في فريبيرغ، ومن ثمّ ذهب إلى الولايات المتحدة من أجل مزيدٍ من التدريب.

يتمتّع باسكوال - ليون ببشرة زيتونية، وشعرٍ قاتم، وصوت معبِّر، وهو يشعّ هزلاً جدّياً. يهيمن على مكتبه الصغير شاشة كمبيوتر آبل الضخمة التي يستخدمها ليعرض ما يراه من خلال نافذة *TMS* على الدماغ. تصله الرسائل الإلكترونية من المتعاونين معه من جميع أنحاء الأرض. وهناك كتبٌ عن الكهرومغنطيسية على الرفوف خلفه، وأوراقٌ في كل مكان.

كان باسكوال - ليون أوّل من استخدم التنبيه المغنطيسي عبر القحفي *TMS* ليرسم خريطة للدماغ. يمكن استخدام الـ *TMS* لتشغيل منطقة دماغية أو لمنعها من العمل، اعتماداً على الشدّة والتردّد المستخدَمَين. من أجل تحديد وظيفة منطقة دماغية محدّدة[2]، يقوم باسكوال - ليون بإطلاق دفعات من الـ *TMS* لمنع المنطقة مؤقّتاً من العمل، ومن ثمّ يلاحظ أي وظيفة عقلية قد فُقدت.

باسكوال - ليون هو أيضاً واحدٌ من الروّاد العظام في استخدام "التنبيه المغنطيسي عبر القحفي التكراري العالي التردّد" أو الـ *rTMS*[3]. يمكن للـ *rTMS* التكراري العالي التردّد أن ينشّط العصبونات إلى حدّ كبير بحيث إنها تثير بعضها بعضاً وتستمر في الاتّقاد حتى بعد توقّف الدفعة الأصلية من الـ *rTMS*. يؤدّي هذا إلى تشغيل منطقة دماغية لفترة ويمكن استخدامه علاجياً. على سبيل المثال، تكون القشرة قبل الجبهية، في بعض حالات الاكتئاب، في وضع إيقاف جزئي ووظيفتها دون المستوى. كانت مجموعة باسكوال - ليون الأولى في إظهار

أنّ الـــ *rTMS* فعّالٌ في معالجة مرضى كهؤلاء مصابين باكتئاب وخيم[4]. إنّ 70 بالمـــئة مـــن أولئك الذين عجزوا عن التحسّن باستخدام جميع العلاجات التقليدية تحسّنوا باستخدام الــ *rTMS* وكانت التأثيرات الجانبية أقلّ من تلك للأدوية[5].

في أوائـــل تـــسعينيات القرن الماضي، وحين كان باسكوال - ليون لا يزال زمـــيلاً طبياً شاباً في المعهد الوطني للاضطّرابات العصبية والسكتات الدماغية، قام بإجراء تجارب - مُجِّدت بين اختصاصيي اللدونة العصبية لتألّقها - ابتكرت طريقة مثالية لرسم خريطة للدماغ، وجعلت تجاربه في التخيُّل ممكنة، وعلّمتنا كيف نتعلّم مهارات.

درس باســـكوال - لـــيون كـــيف يتعلّم الناس مهارات جديدة باستخدامه الــــ *TMS* لرسم خريطة الدماغ لأناسٍ مكفوفين يتعلّمون أن يقرأوا بطريقة بريل[6]. درس الخاضـــعون للتجربة طريقة بريلٍ في صفٍّ دراسي لساعتين في اليوم يتبعهما ســـاعة للوظيفة البيتية، خمس مرات في الأسبوع، على مدى سنة كاملة. "يمسح قُـــرّاء بـــريل النصّ بتحريك سبّابتهم عبر سلسلة من النقاط الصغيرة الناتئة، وهو نشاط حركي. ثمّ يقومون بتحسّس ترتيب النقاط، وهو نشاط حسّي. كانت هذه النـــتائج من بين أولى النتائج التي أكّدت أنه عندما يتعلّم البشر مهارةً جديدة، فإنّ تغيّراً لدناً يحدث.

عـــندما قام باسكوال - ليون باستخدام *TMS* لرسم خريطة القشرة **الحركية**[7]، وجـــد أنّ خرائط "أصابع قراءة بريل" للخاضعين للتجربة كانت أكبر من خرائط ســـبّاباتهم الأخرى وأكبر أيضاً من خرائط السبّابة للقارئين بغير طريقة بريل. وجد باســـكوال - ليون أيضاً أنّ الخرائط الحركية زادت في الحجم عندما زاد الخاضعون للتجـــربة عدد الكلمات التي يستطيعون قراءتها في الدقيقة الواحدة. ولكنّ اكتشافه الأكثـــر إدهاشـــاً، والـــذي كانت له نتائج هامة في ما يتعلّق بتعلُّم أية مهارة، هو الطريقة التي حدث بها التغيّر اللدن في غضون كل أسبوع.

تمّ رســـم خرائط الدماغ للخاضعين للتجربة باستخدام *TMS* أيام الجمعة (في نهايـــة أسبوع التدريب)، وأيام الاثنين (بعد أن يكونوا قد استراحوا في عطلة نهاية الأسبوع). وجد باسكوال - ليون أنّ تغيّرات خرائط الدماغ في أيام الجمعة كانت مختلفة عن تلك في أيام الاثنين. فمنذ بداية الدراسة، أظهرت خرائط الجمعة توسّعاً

هـــائلاً وســـريعاً جـــداً، ولكـــنّ هذه الخرائط عادت في يوم الاثنين إلى حجمها القاعـــدي. استمرّت خرائط الجمعة في النموّ لستة أشهر، عائدةً بعناد إلى حجمها القاعـــدي كل اثنين. وبعد حوالى ستّة أشهر، كانت خرائط الجمعة لا تزال تزداد في الحجم، ولكن ليس بنفس القدر الذي زادته في الأشهر الستة الأولى.

أظهرت خرائط الاثنين نمطاً معاكساً. فهي لم تبدأ في التغيّر إلا بعد ستة أشهر مـــن التدريب، ومن ثمّ زادت ببطء واستقرت بعد عشرة أشهر من التدريب. أما الـــسرعة الـــتي استطاع الخاضعون للتجربة أن يقرأوا بها بطريقة بريل فقد ارتبطت بشكلٍ أفضل مع خرائط الاثنين، ورغم أنّ التغيّرات في خرائط الاثنين لم تكن أبداً هائلة كما هي في خرائط الجمعة، إلا أنها كانت أكثر استقراراً. وبعد إكمال عشرة أشـــهرٍ من التدريب، أخذ الطلاب الخاضعون للتجربة إجازةً لمدة شهرين. ثمّ أُعيد رســـم خـــرائط أدمغتهم بعد عودتهم، وتبيّن أنها لم تتغيّر منذ آخر رسمٍ لها في يوم الاثـــنين قـــبل بدء إجازتهم. وهكذا، قاد التدريب اليومي إلى تغيّرات هائلة قصيرة الأمـــد خـــلال أســـبوع التدريب. ولكن خلال عطلات نهاية الأسبوع، وإجازة الشهرين، شوهدت تغيّرات أكثر دواماً في خرائط أيام الاثنين.

يعتقد باسكوال – ليون أنّ النتائج المختلفة أيام الاثنين والجمعة تقترح آليات لدنة مختلفة. فتغيّرات الجمعة السريعة تقوّي الاتصالات العصبونية **القائمة** وتكشف الممـــرات الخفية. أما تغيّرات الاثنين الأبطأ والأكثر دواماً فتقترح تشكيل تراكيب **جديدة كلياً**، عبارة، ربما، عن تبرعمٍ لمشابك واتصالات عصبونية جديدة.

إنّ فهـــم تـــأثير "السلحفاة والأرنب" هذا يمكن أن يساعدنا في فهم ما يجب علينـــا فعله كي نتقن فعلياً مهارات جديدة. من السهل علينا نسبياً أن نتحسّن بعد فترة تدريب قصيرة، كما عندما نحشو أدمغتنا بالمعلومات استعداداً لامتحان، لأننا، علـــى الأرجح، نقوّي الاتصالات المشبكية القائمة. ولكننا ننسى سريعاً ما حشونا أدمغتنا به، لأنّ هذه الاتصالات العصبونية اكتُسبت بسرعة وضاعت بسرعة، ويتمّ عكـــسها على الفور. إنّ المحافظة على التحسّن وجعل المهارة دائمة يتطلّبان العمل البطيء المنتظم الذي يشكّل، على الأرجح، اتصالات جديدة. إذا كان المتعلّم يظنّ أنه لا يحرز تقدّماً تراكمياً، أو يشعر أنّ عقله "مثل منخل"، فهو بحاجة لأن يواصل ممارسة المهارة إلى أن يحصل على "تأثير الاثنين"، الذي استغرق حدوثه في قرّاء بريل

ســتة أشــهر. إنّ اخــتلاف خرائط الجمعة والاثنين قد يفسّر قدرة بعض الناس، "الــسلاحف"، الذين يبدون بطيئين في استيعاب مهارة، على تعلّمها بشكلٍ أفضل من أصدقائهم "الأرانب"، أو "الدارسين السريعين"، الذين لا يحتفظون بالضرورة بما تعلّموه بدون التدريب المعزّز الذي يُرسِّخ التعلُّم.

وسّــع باسكوال - ليون بحثه ليدرس كيف يحصل قرّاء بريل على الكثير جداً من المعلومات من خلال رؤوس أصابعهم. من المعروف جيداً أنّ العميان يستطيعون أن يطوّروا حوّاس ممتازة غير بصرية وأنّ قرّاء بريل يكتسبون حساسية استثنائية في أصــابعهم المستخدمة في القراءة بطريقة بريل. أراد باسكوال - ليون أن يرى إذا كانــت تلــك المهارة الزائدة تُسهَّل من خلال تكبير الخريطة الحسّية للّمس أو من خلال التغيّر اللدن في أجزاء أخرى من الدماغ، مثل القشرة البصرية، التي قد تكون غير مُستَغَلّة استغلالاً كافياً لأنها لا تحصل على مُدخلات من العينين.

بمــا أنّ القشرة البصرية قد ساعدت الخاضعين للتجربة على قراءة بريل، فقد اســتنبط باســكوال - لــيون أنّ إحصارها قد يعرقل قراءة بريل. وهو ما حدث بالفعــل: عندما طبّق الفريق تنبيهاً مغنطيسياً عبر قحفي *TMS* مُحصِراً على القشرة **البصرية** لقرّاء بريل من أجل إحداث أذىً وهمي، لم يستطع الخاضعون للتجربة أن يقــرأوا بــريل أو يحسّوا بإصبعهم القارئ بطريقة بريل. كانت القشرة البصرية قد جُــنِّدت لمعالجة معلومات مُستمدّة من اللمس. إنّ الــ *TMS* المُحصِر المطبَّق على القشرة البصرية لأناسٍ مُبصرين لم يكن له **أي تأثير** على قدرهم على الإحساس، ما يــشير إلى أنّ شــيئاً فــريداً كان يحدث لقرّاء بريل العميان: جزء الدماغ المكرّس لإحدى الحواس أصبح مكرّساً لحاسة أخرى - ذلك النوع من إعادة التنظيم اللدنة المقترَحة من قِبَل باخ - واي - ريتا (انظر الفصل 1). بيّن باسكوال - ليون أيضاً أنه كلما كان الشخص أفضل في قراءة بريل، كانت القشرة البصرية لديه مشتركة أكثــر. أمــا مغامرته التالية، فسترتاد آفاقاً جديدة بطريقة جديدة كلياً، من خلال إظهار أنّ أفكارنا يمكن أن تغيّر البنية المادية لأدمغتنا[8].

ســيقوم باســكوال - لــيون بدراسة الطريقة التي تغيّر بها الأفكار الدماغ باســتخدام *TMS* لملاحظــة التغيّــرات في خرائط الأصابع لأناسٍ يتعلّمون عزف البيانو. قضى سانتياغو رامون واي كاجال، عالم التشريح العصبــي الأسباني الحائز

علـــى جائـــزة نـــوبل، أواخر حياته باحثاً دون جدوى عن لدونة الدماغ. اقترح كاجال في العام 1894 أنّ "عضو التفكير طيّعٌ، ضمن حدود معيّنة، ويمكن أن يبلغ مرتبة الكمال من خلال التمرين العقلي الحسن التوجيه"[9]. وفي العام 1904، جادل كاجـــال بـــأنّ الأفكـــار المكرّرة في "التدريب العقلي" يجب أن تقوّي الاتصالات العصبونية القائمة وتنشئ عصبونات جديدة. وحدس أيضاً بأنّ هذه العملية ستكون بـــارزة تحديـــداً في العصبونات التي تسيطر على أصابع عازفي البيانو الذين يقومون بالكثير جداً من التدريب العقلي[10].

رسم رامون واي كاجال، باستخدام مخيّلته، صورةً لدماغٍ لدن، ولكنه افتقر إلى الأدوات ليثبـــتها. وقـــد فكّر باسكوال - ليون أنه يملك الأداة الآن في التنبيه المغنطيـــسي عبر القحفي *TMS* ليختبر ما إذا كان التدريب العقلي والتخيُّل يؤديان واقعياً إلى تغيّرات فيزيائية.

كانـــت تفاصيل تجربة التخيُّل بسيطة وقد استعانت بفكرة كاجال لاستخدام البـــيانو[11]. علّـــم باسكوال - ليون مجموعتين من الناس، لم يدرسوا العزف على البـــيانوا أبداً، تتابعاً من النغمات، مبيّناً لهم الأصابع اللازم تحريكها ومتيحاً لهم أن يـــسمعوا الـــنغمات أثـــناء عزفها. ثم قام أعضاء إحدى المجموعتين، وهي مجموعة "الـــتدريب العقلي"، بالجلوس أمام لوحة المفاتيح لبيانو كهربائي، لمدة ساعتين في الـــيوم، علـــى مدى خمسة أيام، و**تخيّلوا** أنهم يعزفون التتابع ويسمعونه يُعزَف. أما المجمـــوعة الثانـــية، وهي مجموعة "التدريب الفيزيائي"، فقد عزفت الموسيقى فعلياً لـــساعتين في اليوم، على مدى خمسة أيام. تمّ رسم خريطة الدماغ لكلتا المجموعتين قبل التجربة، وفي كل يومٍ خلالها، وبعد الانتهاء منها. ثمّ طُلِب من كل مجموعة أن تعزف التتابع، وقاس جهازٌ كمبيوتر دقة الأداء لكلتا المجموعتين.

وجـــد باسكوال - ليون أنّ كلتا المجموعتين تعلّمت عزف التتابع، وأظهرت كلـــتاهما تغيّرات مماثلة في خريطة الدماغ. على نحوٍ لافتٍ للنظر، أحدث التدريب العقلـــي نفس التغيّرات الفيزيائية في الجهاز الحركي التي أَحدثها التدريب الفيزيائي الفعلـــي. وفي نهايـــة الـــيوم الخـــامس، كانت التغيّرات في الإشارات الحركية إلى العـــضلات متماثلة في كلتا المجموعتين، وكانت دقة العازفين المتخيّلين مماثلةً للدقة التي عزف بها العازفون الفعليون في اليوم الثالث.

ولكـــن على الرغم من أنّ مستوى التحسّن في مجموعة التدريب العقلي بعد خمـــسة أيامٍ من التدريب كان كبيراً، إلا أنه كان أقلّ من ذاك في مجموعة التدريب الفيزيائـــي. ولكـــن عندما أنهت مجموعة التدريب العقلي تدريبها وحصلت على جلسة تدريب فيزيائي لمدة ساعتين، تحسّن أداؤها الإجمالي إلى مستوى الأداء الذي أحـــرزته مجموعة التدريب الفيزيائي في نهاية أيام التدريب الخمسة. من الواضح أنّ الـــتدريب العقلي هو طريقة فعالة يحضِّر بها المرء نفسه لتعلُّم مهارة فيزيائية بحيث لا يحتاج إلا إلى حدّ أدنى من التدريب الفيزيائي.

نحن جميعاً نقوم بما يدعوه العلماء التدريب العقلي عندما نحفظ عن ظهر قلب الإجابات استعداداً لامتحان، أو نحفظ دورنا في مسرحية، أو نتدرّب على أي نـــوعٍ مـــن الأداء أو العرض. ولكن لأنّ القليل منا يفعل ذلك بصورة منهجية مـــنظّمة، فنحن لا نقدّر فاعليته حقّ قدرها. يستخدم بعض الرياضيين والموسيقيين الـــتدريب العقلي للتحضير للأداء. اعتمد عازف البيانو غلين غولد في أواخر حياته المهنـــية علـــى التدريب العقلي بصورةٍ كبيرة حين كان يحضّر نفسه لتسجيل قطعة موسيقية[12].

أحـــد أكثر أشكال التدريب العقلي تقدُّماً هو "الشطرنج العقلي" الذي يُلعَب بـــدون رقعـــة أو بيادق. يتخيّل اللاعبون الرقعة واللعبة، ويتابعون مواقع البيادق. اســـتخدم أناتولي شارانسكي، ناشط حقوق الإنسان السوفييتي، الشطرنج العقلي ليـــنجو في السجن. قضى شارانسكي، وهو اختصاصي كمبيوتر اتُّهم بالتجسّس لـــصالح الولايات المتحدة في العام 1977، تسع سنوات في السجن، منها أربعمائة يوم في الحبس الإنفرادي في زنـــزانة مظلمة قارسة البرودة طولها 1.8 متر وعرضها 1.5 متر. غالباً ما ينهار السجناء السياسيون في الحبس الانفرادي عقلياً لأنّ الدماغ المـــستند إلى مـــبدأ "استعمله أو اخسره" يحتاج إلى تحفيزٍ خارجي للمحافظة على خرائطه. خلال هذه الفترة المطوّلة من الحرمان الحسّي، لعب شارانسكي الشطرنج العقلي لشهور، وهو ما ساعده، على الأرجح، في حفظ دماغه من التدهور. لعب شارانسكي الأبيض والأسود، حافظاً اللعبة في عقله من منظورين متعاكسين، وهو مـــا يُعتبَر تحدِّياً استثنائياً للدماغ. أخبرني شارانسكي مرةً، نصف هازل، أنه استمر في لعب الشطرنج مفكّراً أنه قد يستغل الفرصة ليصبح بطل العالم في الشطرنج.

نحـــن نعلم من مسح الدماغ لأناسٍ يمارسون التدريب العقلي بصورةٍ ضخمة مـــا كان يحدث، على الأرجح، في دماغ شارانسكي أثناء وجوده في الحبس. تأمّل حالة روديغر غام، وهو شابّ ألماني ذو ذكاء طبيعي حوّل نفسه إلى ظاهرة رياضية: آلة حاسبة بشرية[13]. رغم أنّ غام لم يُولَد بقدرة رياضية استثنائية، إلا أنه يستطيع الآن أن يحسب القوة التاسعة أو الجذر الخامس لأي عدد، وأن يحلّ مسائل مثل "ما هو حاصل ضرب 68 في 76؟" في خمس ثوانٍ فقط. مبتدئاً من عمر العشرين، بدأ غام، الذي كان يعمل في مصرف، بالتدرّب حسابياً أربع ساعات في اليوم. وعندما بلـــغ الـــسادسة والعشرين من عمره، أصبح نابغةً في الحساب، قادراً على كسب عيـــشه مـــن خلال الأداء في برامج تلفزيونية. قام الباحثون بدراسته وأجروا مسح *PET* (التصوير المقطعي لانبعاث البوزترون) لدماغه أثناء قيامه بالحساب، ووجدوا أنـــه كـــان قـــادراً على تجنيد خمس مناطق دماغية أخرى للحساب مقارنةً بالناس "الطبيعيين". بيّن العالم السيكولوجي أندرس إريكسون، وهو اختصاصي في تطوير الخبرة، أنّ الناس أمثال غام يعتمدون على الذاكرة الطويلة الأمد لتساعدهم في حلّ المـــسائل الرياضية بينما يعتمد غيرهم على الذاكرة القصيرة الأمد. لا يخزّن الخبراء الإجابات، ولكنهم يخزّنون بالفعل الحقائق الأساسية والاستراتيجيات التي تساعدهم في الحـــصول علـــى الإجابات، ويكون لديهم وصولٌ سريعٌ إليها، كما لو كانت مخزّنةً في الذاكرة القصيرة الأمد. هذا الاستعمال للذاكرة الطويلة الأمد لحلّ المسائل هو معهود في الخبراء في معظم الحقول، وقد وجد إريكسون أنّ بلوغ مرتبة "الخبير" في معظم الحقول يتطلّب عادةً عشر سنوات تقريباً من الجهد المركّز.

أحد الأسباب وراء قدرتنا على تغيير أدمغتنا بمجرّد التخيُّل هو أنّ تخيُّل فعلٍ والقـــيام بـــه، من وجهة نظر علم الأعصاب، ليسا أمرَين مختلفَين بقدر ما يبدوان. عـــندما يُغمض الناس أعينهم ويتخيّلون شيئاً بسيطاً، مثل الحرف "أ"، فإنّ القشرة البـــصرية الأوّلـــية تتّقد، تماماً كما ستفعل إذا كان نفس هؤلاء الناس ينظرون فعلياً للحـــرف "أ"[14]. يُظهر مسح الدماغ أنه خلال الفعل وخلال التخيُّل يتمّ تنشيط العديد من أجزاء الدماغ نفسها[15]. ولهذا السبب يمكن للتخيُّل أن يحسِّن الأداء.

في تجـــربة بسيطة يصعب تصديقها، بيَّن الدكتوران غوانغ يو وكيلي كول أنّ تخـــيُّل المـــرء أنه يستخدم عضلاته يقوِّيها فعلياً. أُجرِيت الدراسة على مجموعتين،

مارســـت إحداهما تمارين فيزيائية، بينما تخيّلت الأخرى ممارستها للتمارين. قامت كلتا المجموعتين بتدريب عضلة إصبع، من يوم الاثنين إلى الجمعة، على مدى أربعة أســـابيع. قـــام أفراد المجموعة الفيزيائية بخمسة عشر انقباضاً أقصى، مع فترة راحة مـــدتها عشرون ثانية بين انقباض وآخر. أما أفراد المجموعة العقلية فقد تخيّلوا فقط قيامهم بخمسة عشر انقباضاً أقصى، مع فترة راحة مدتها عشرون ثانية بين انقباض وآخـــر، في الوقت نفسه الذي تخيّلوا فيه أيضاً أنّ صوتاً يصيح بهم: "أقوى! أقوى! أقوى!".

في نهايـــة التجربة، زاد أفراد المجموعة الفيزيائية قوّتهم العضلية بنسبة 30 بالمئة، كمـــا هـــو متوقّع. أما أفراد المجموعة العقلية الذين **تخيّلوا** فقط ممارستهم للتمرين لـــنفس الفترة الزمنية، فقد زادوا قوّتهم العضلية بنسبة 22 بالمئة[16]. يكمن التفسير في عـــصبونات الـــدماغ الحركية التي "تبرمج" الحركات. خلال تلك الانقباضات التخيّلـــية، يـــتمّ تنشيط وتقوية العصبونات المسؤولة عن ربط تتابع من التعليمات الخاصة بالحركة، ما ينتج عنه قوّةٌ متزايدة عندما تُقبَض العضلات.

لقد قاد هذا البحث إلى تطوير الآلات الأولى التي "تقرأ" فعلياً أفكار الناس. تستكشف آلات ترجمة الأفكار البرامج الحركية في شخصٍ أو حيوان يتخيّل فعلاً، وتحلّل شيفرة التوقيع الكهربائي المتميّز للفكرة، وتبثّ أمراً كهربائياً إلى جهاز يضع الفكـــرة موضـــع التنفيذ. تعمل هذه الآلات لأنّ الدماغ لدن ويغيّر فيزيائياً حالته وبنيته بينما نفكّر، بطرق يمكن تتبّعها بقياسات إلكترونية.

يـــتمّ حالـــياً تطويـــر هذه الأجهزة لتمكين الناس المشلولين كلياً من تحريك الأشياء بأفكارهم. عندما تصبح هذه الآلات أكثر تعقيداً، يمكن تحويلها إلى قارئات أفكـــار تميّز وتترجم محتوى الفكرة، وتملك الإمكانية لتكون أكثر حسّاً بكثير من آلات اكتـــشاف الكـــذب التي يمكنها فقط أن تكتشف مستويات الإجهاد عندما يكون الشخص كاذباً.

طُوِّرت هذه الآلات في بضع خطوات بسيطة[17]. في أواسط تسعينيات القرن الماضـــي، وفي جامعة ديوك، شرع ميغويل نيكولليس وجون شابين في إجراء تجربة ســـلوكية تهـــدف إلى تعلّم قراءة أفكار حيوان[18]. قاما بتدريب جرذ على ضغط قضيب موصول إلكترونياً بآلية تُطلق الماء. في كل مرة يضغط الجرذُ القَضيب، تحرّر

الآلـــية قطـــرة ماء للجرذ ليشربها. كان العالمان قد أزالا جزءاً صغيراً من جمجمة الجـــرذ، ووصـــلا مجموعة صغيرة من أقطاب كهربائية مجهرية إلى قشرته الحركية. ســـجّلت هذه الأقطاب الكهربائية نشاط ستة وأربعين عصبوناً في القشرة الحركية تـــشترك في تخطيط وبرمجة الحركات، وهي العصبونات التي ترسل عادةً التعليمات علـــى طـــول الحـــبل الشوكي إلى العضلات. بما أنّ هدف التجربة كان تسجيل الأفكـــار، التي هي معقّدة، كان لا بدّ من قياس نشاط العصبونات الستة والأربعين في الـــوقت نفسه. في كل مرة كان الجرذ يحرّك القضيب، كان نيكولليس وشابين يـــسجّلان اتّقـــاد عصبوناته الستة والأربعين المشتركة في برمجة الحركات، وكانت الإشـــارات تُرسَـــل إلى كمبيوتر صغير. وسرعان ما "ميّز" الكمبيوتر نمط الاتّقاد (إرسال الإشارات الكهربائية) لعملية الضغط على القضيب.

بعـــد أن أصـــبح الجرذ معتاداً على ضغط القضيب، فصل نيكولليس وشابين القضيب عن آلية إطلاق الماء، بحيث لم يعد الجرذ يحصل على قطرة ماء لدى ضغطه علـــى القضيب. وهكذا، ضغط الجرذ القضيب عدة مرات دون جدوى. ثمّ وصل الباحثون آلية إطلاق الماء بالكمبيوتر الموصول بعصبونات الجرذ. والآن، يُفترَض أنه كلّمـــا فكّـــر الجرذ في "ضغط القضيب"، سيميّز الكمبيوتر نمط الاتّقاد العصبوني ويرسل إشارةً إلى آلية إطلاق الماء لتحرير قطرة ماء.

وبعد بضع ساعات، أدرك الجرذ أنه ليس مضطّراً إلى لمس القضيب للحصول علـــى المـــاء. يكفي فقط أن يتخيّل أنّ قدمه تضغط القضيب، وسيأتيه الماء! درّب نيكولليس وشابين أربعة جرذان على تأدية هذه المهمة.

بـــدأ نيكولـــيس وشابين بعد ذلك بتدريب سعادين على القيام بمهامّ ترجمة أفكـــار أكثـــر تعقـــيداً من ذلك. دُرِّب سعدانٌ يُدعَى بيلي على استخدام مقوَد (*joystick*) لـــتابعة ضوء أثناء تحرّكه عبر شاشة فيديو. فإذا نجح في المهمة، يحصل علـــى قطرة من عصير الفاكهة. في كل مرة يحرّك السعدان المقود، تتّقد عصبوناته، ويتمّ تحليل نمط الاتّقاد رياضياً بواسطة كمبيوتر. كان نمط الاتّقاد العصبوني يحدث دوماً قبل 300 ملّيثانية من تحريك بيلي فعلياً للمقود، لأنّ دماغه كان يستغرق تلك الفترة لإرسال الأمر على طول حبله الشوكي إلى عضلاته. إذا حرّك بيلي المقود إلى اليمين، فإنّ نمط "حرّك ذراعك اليمنى" يحدث في دماغه، ويكتشفه الكمبيوتر. وإذا

حرّك بيلي ذراعه إلى اليسار، يكتشف الكمبيوتر ذلك النمط. يقوم الكمبيوتر بعد ذلك بتحويل النمط الرياضي المكتشَف إلى أمرٍ يُرسَل إلى ذراعٍ آلية، بمنأى عن نظر بيلـــي. كان يتمّ أيضاً نقل النمط الرياضي من جامعة ديوك إلى ذراعٍ آلية ثانية في مختبرٍ في كامبريدج في ماساشيوستس. وكما في تجربة الجرذان، لم يكن هناك اتصال بين المقود والذراعين الآليتين الموصولتين بالكمبيوتر الذي يقرأ النمط في عصبونات بيلي. كان الأمل أنّ الذراعين الآليتين في جامعة ديوك ومختبر كامبريدج سيتحرّكان بالضبط عندما تتحرّك ذراع بيلي، أي بعد 300 ملّيثانية من تفكيره بذلك.

بيـــنما كان العالمان يغيّران عشوائياً أنماط الضوء على شاشة الكمبيوتر وتقوم ذراع بيلي الفعلية بتحريك المقود، كذلك كانت تفعل الذراعان الآليتان البعيدتان عـــن بعـــضهما مـــسافة 960 كيلومتراً، والمشغَّلتان فقط بأفكار السعدان المنقولة بواسطة الكمبيوتر.

ومـــنذ ذلـــك الحين، درّب الفريق عدداً من السعادين على استخدام الأفكار فقـــط لتحـــريك ذراعٍ آلـــية في أي اتجاه في الحيّز الثلاثي الأبعاد، من أجل أداء حركات معقدة، مثل الوصول إلى الأشياء والإمساك بها[19]. لعبت السعادين أيضاً ألعـــاب فـــيديو (وبدت أنها تستمتع بها) مستخدمةً أفكارها فقط لتحريك المؤشّرة على شاشة فيديو والتحكّم بهدف متحرّك.

أمِـــل نيكولليس وشابين أنّ عملهما سيساعد المرضى المصابين بأنواع مختلفة مـــن الـــشلل. حدث ذلك في تموز (يوليو) من العام 2006، عندما استخدم فريق يرأســـه العـــالم العصبـــي جون دونوغيو من جامعة براون تقنيةً مماثلة مطبّقة على إنـــسان. ماثـــيو ناغل هو شابٌ في الخامسة والعشرين من عمره، طُعِن في رقبته، وأدّت إصـــابة حـــبله الشوكي إلى شللٍ في أطرافه الأربعة كلها. تمّ ازدراع رقاقة سيليكون صغيرة جداً عليها مئة قطب كهربائي في دماغه ووُصلت بجهاز كمبيوتر. بعـــد أربعـــة أيام من التدريب، أصبح ماثيو قادراً على تحريك المؤشّرة على شاشة الكمبيوتر، وفتح البريد الإلكتروني، وضبط القناة والصوت على التلفزيون، وممارسة ألعـــاب على الكمبيوتر، والتحكّم بذراعٍ آلية مستخدماً أفكاره فقط[20]. يُخطِّط الآن بـــأنّ المرضى المصابين بالضمور العضلي، والسكتات الدماغية، وداء العصبون الحركـــي ســـيكونون الـــتالين في استخدام جهاز ترجمة الأفكار. إنّ هدف هذه

المقاربات هو ازدراع مصفوفة أقطاب كهربائية صغيرة، مع بطاريات وناقلٍ بحجم إظفر الرضيع، في القشرة الحركية. يمكن وصل كمبيوتر صغير إما بذراعٍ آلية أو لاسلكياً بجهاز ضبط كرسي مدولب أو إلى أقطابٍ كهربائية مزدرعة في العضلات لاستحثاث الحركة. يأمل بعض العلماء في تطوير تقنية أقلّ غزويةً من الأقطاب الكهربائية لاكتشاف الاتّقاد العصبوني[21] - ربما شكلٌ آخر من التنبيه المغنطيسي عبر القحفي *TMS*، أو جهازٌ يطوّره تاوب وزملاؤه لاكتشاف التغيّرات في موجات الدماغ.

إنّ ما تبيّنه هذه التجارب "التخيُّلية" هو المدى الفعلي لاندماج التخيّل والفعل، رغم حقيقة أننا نميل إلى التفكير بالتخيّل والفعل على أنهما مختلفان كلياً وخاضعان لقوانين مختلفة. ولكن تأمّل ما يلي: في بعض الحالات، كلما كنت أسرع في تخيُّل الشيء، كنت أسرع في تنفيذه. قام جان ديسيتي من جامعة ليون في فرنسا بإجراء تجربة بسيطة متعدّدة الأشكال. عندما تُوقّت الزمن اللازم لكتابة اسمك باستخدام "يدك المهيمنة"، ومن ثمّ تقوم بكتابته بالفعل، سيكون الزمن المستغرق أقلّ. عندما تتخيّل كتابة اسمك بيدك غير المهيمنة، فإنّ تخيُّل كتابته وكتابتَه فعلياً سيستغرقان منك وقتاً أطول على حدّ سواء. يجد معظم الناس العاملين بيمناهم أنّ "يدهم العقلية اليسرى" أبطأ من "يدهم العقلية اليمنى"[22]. وفي دراسة حول مرضى السكتات الدماغية وداء باركنسون (الذي يسبّب تباطؤاً في حركات الناس)، لاحظ ديسيتي أنّ المرضى قد استغرقوا وقتاً أطول ليتخيّلوا تحريك الطرف المصاب مما فعلوا في حالة الطرف غير المصاب[23]. خُمِّن أنّ التخيّلات العقلية والأفعال قد تباطأت لأنّ كليهما ناتجٌ عن **نفس** البرنامج الحركي في الدماغ[24]. إنّ السرعة التي نتخيّل بها مقيّدةٌ، على الأرجح، بمعدّل الاتّقاد العصبوني لبرامجنا الحركية.

* * *

لدى باسكوال - ليون ملاحظات عميقة بشأن الكيفية التي يمكن بها للّدونة العصبية، التي تشجّع التغيّر، أن تقود إلى الصرامة والتكرار في الدماغ، وتساعد معارفه العميقة هذه في حل التناقض التالي: إذا كانت أدمغتنا لدنة وقابلة للتغيّر إلى هذا الحدّ، لماذا نعلق كثيراً جداً في تكرارٍ صارم؟ من أجل الإجابة على هذا السؤال، يجب أن نفهم أولاً المدى المدهش للدونةً الدماغ.

يخــبرني باســكوال – ليون أنّ **بلاستيسينا** *plasticina* هي الكلمة الأسبانية الموســيقية لكلمــة "لدونــة *plasticity*"، وهــي تعكس شيئاً لا تعكسه الكلمة الإنكليزية. كلمة **بلاستيسينا** الأسبانية تعني أيضاً "اللدائنية *plasticine*" أو "عجينة الطــين *Play-Doh*" وتــصف مادةً لدنة أساساً. بالنسبة لباسكوال – ليون، فإنّ الأدمغــة لدنــة جــداً بحــيث إننا عندما نقوم بنفس السلوك يوماً بعد يوم، فإنّ الاتــصالات العصبونية المسؤولة تكون مختلفة قليلاً في كل مرة بسبب ما فعلناه في الوقت الفاصل.

يقــول باسكوال – ليون: "أنا أتصوّر أنّ نشاط الدماغ هو مثل عجينة طين يلعــب بهــا شخصٌ طوال الوقت". فكل شيء نفعله يشكّل كتلة العجينة تلك. يضيف باسكوال – ليون: "إذا بدأت بعجينة طين على شكل مربَّع، وصنعت منها كــرة، فمن الممكن تماماً أن تعيدها إلى شكل المربَّع. ولكنه لن يكون **نفس** المربَّع الــذي بــدأت بــه أساساً". إنّ النتائج التي تبدو متماثلة لا تكون متطابقة فعلياً. فالجزيئات في المربَّع الجديد مرتَّبةٌ بشكلٍ مختلف عمّا كانت في المربَّع الأصلي. بتعبيرٍ آخــر: تستخدم الأفعال المماثلة، المُنجَزة في أوقات مختلفة، دوائر كهربائية مختلفة. يعــتقد باسكال – ليون أنه حتى عندما "يُعالَج" مريضٌ مصاب بمرضٍ عصبــي أو نفــسي ويــبرأ منه، فإنّ ذلك العلاج لا يعيد دماغ المريض أبداً إلى حالته السابقة للمرض.

يقــول باســكوال – لــيون بــصوت جهوريّ: "الدماغ لدْن، وليس مرناً (مطاطياً)". يمكن لشريط مطاطي أن يُمدّ، ولكّنه يعود دوماً إلى شكله السابق، ولا يــتمّ إعــادة تنظيم الجزيئات في هذه العملية. أما الدماغ اللدن فهو يتغيّر مع كل مجابهة وكل تفاعل.

وهكــذا يصبح السؤال كالتالي: إذا كان الدماغ يتغيّر بهذه السهولة، فكيف تــتمّ حمايتنا من التغيير اللانهائي؟ بالفعل، إذا كان الدماغ مثل عجينة طين، فكيف يــسعنا أن نبقى "أنفسنا"؟ تساعدنا جيناتنا في الثبات على طريقة واحدة، إلى حدّ معين، وكذلك يفعل التكرار.

يشرح باسكوال – ليون الفكرة أعلاه مستخدماً المجاز. الدماغ اللدن هو مثل تلّــة ثلجــية في فــصل الشتاء. ومظاهر تلك التلّة – الانحدار، الصخور، تماسك

الثلج - هي مثل جيناتنا، من جهة كونها مُعطيات. عندما ننـــزلق إلى الأسفل على مـــزلجة، فبإمكانـــنا أن نوجّهها وسنصل إلى قاعدة التلّة باتّباع طريقٍ محدَّد بكيفية توجيهـــنا للمـــزلجة وخـــصائص التلّة. أما أين سنصل بالضبط في النّهاية فهو أمرٌ يصعب التوقع به لأنّ هناك عوامل كثيرة تلعب دوراً.

يقـــول باســـكوال - ليون: "ولكن ما سيحدث بالتأكيد في **المرة الثانية** التي ستنـــزلق فيها أسفل التلة هو أنك ستكون أكثر احتمالاً لأن تجد نفسك في مكان أو آخـــر يرتبط بالطريق الذي سلكته في المرة الأولى. لن يكون نفسَ الطريق الأولَ تمامـــاً، ولكـــنه سيكون أقرب له من أي طريق آخر. وإذا قضيت كل بعد الظهر منـــزلقاً للأسفل، ومعاوداً الصعود، ومنـــزلقاً للأسفل مرة أخرى، فسيكون لديك في الـــنهاية بعض الطرق المستخدمة كثيراً، وبعض الطرق المستخدمة قليلاً جداً... وســـتكون هناك طرق ابتكرتها بنفسك، ومن الصعب جداً الآن أن تخرج من هذه الطرق. لم تعد هذه الطرق محدّدة جينياً (وراثياً)".

يمكـــن "للطـــرق" العقلية المُنشَأة أن تؤدّي إلى عادات، جيدة أو سيئة. فإذا طوّرنا وقفة رديئة، يصبح من الصعب تصحيحها. وإذا طوّرنا عادات جيدة، تصبح هـــي أيـــضاً مترسّـــخة. هل من الممكن، بعد أن تكون هذه "الطرق" أو الممرات العصبية قد أُنشئت، أن نخرج منها إلى أخرى مختلفة؟ نعم، وفقاً لباسكوال - ليون، ولكنّ الأمر صعب لأننا عندما ننشئ هذه الطرق، تصبح "سريعة بالفعل" وكفوءة جداً في توجيه المزلجة أسفل التلة، ويصبح سلوك طريق مختلف أمراً متزايد الصعوبة. لا بدّ من وجود عقبة في الطريق من نوعٍ ما لتساعدنا في تغيير الاتجاه.

طـــوّر باسكوال - ليون في تجربته التالية استعمال عقبات الطريق وبيّن أنّ تعـــديل الممرّات الراسخة وإعادة التنظيم اللدنة الضخمة يمكن أن يحدثا بسرعةٍ غير متوقّعة.

بـــدأ باسكوال - ليون عمله الخاص بعقبات الطريق عندما سمع بشأن مدرسة داخلـــية غير مألوفة في أسبانيا يرتادها معلّمو المكفوفين لدراسة الظلام. تمّ في هذه المدرسة عصب أعين المعلّمين لأسبوعٍ كامل كي يختبروا العمى مباشرةً. إنّ عصابة العيـــنين هـــي عقـــبة طريق لحاسة البصر. خلال ذلك الأسبوع، أصبحت حواسّ المعلّمـــين اللمسية وقدرتهم على تقدير الحيّز حولهم حساسة للغاية، حيث أصبحوا

قادرين على تمييز أنواع الدراجات النارية من خلال أصوات محرّكاتها وتمييز الأشياء في طـــريقهم من خلال أصدائها. وعندما أزال المعلّمون عصائبهم لأول مرة كانوا مُربَكين للغاية و لم يستطيعوا أن يقدّروا الحيّز حولهم أو أن يروا.

عـــندما سمع باسكوال – ليون بشأن مدرسة الظلام هذه، فكّر: "لنأخذ أناساً مبصرين ونجعلهم عمياناً **تماماً**".

قـــام باسكوال – ليون بعصب أعين الخاضعين للتجربة لخمسة أيام، ثمّ رسم خرائط أدمغتهم بالـــ *TMS*، ووجد أنه عندما أعاق دخول كل الضوء – يجب أن تكـــون "عقـــبة" الطريق غير مُنفذة – بدأت القشر "البصرية" للخاضعين للتجربة بمعالجـــة حاســـة اللمس الواردة من أيديهم، مثل المرضى العميان المتعلّمين لطريقة بـــريل. ولكـــنّ الشيء المذهل حقاً هو أنّ الدماغ أعاد تنظيم نفسه في بضعة أيامٍ فقـــط. أظهر باسكوال – ليون من خلال مسح الدماغ أنّ القشرة "البصرية" يمكن أن تـــستغرق يومين فقط لتبدأ في معالجة الإشارات اللمسية والسمعية (ذكر العديد من الخاضعين للتجربة الذين عُصِبت أعينهم أنهم كانوا، لدى تحرّكهم أو لمسهم من قـــبَل الغـــير أو سماعهم لأصوات، يختبرون هلوسات **بصرية** لمشاهد جميلة معقدة للـــسماء، وغـــروب الـــشمس، والمـــدن، ولشخصيات ليليبوتية (صغيرة جدًّا)، وشخـــصيات رسوم متحركة). كان الظلام المطلق أساسياً للتغيّر لأنّ البصر حاسةٌ قـــوية جداً بحيث إذا دخل أي ضوء فإنّ القشرة البصرية تفضّل أن تعالجه على أن تعالج الصوت واللمس. اكتشف باسكوال – ليون، كما فعل تاوب، أنه من أجل تطويـــر طـــريق جديد، عليك أن تقيّد أو تسدّ الطريق المنافس له، الذي هو غالباً الطـــريق الشائع الاستخدام. بعد إزالة العصائب، توقّفت القشر البصرية للخاضعين للتجـــربة عـــن الاستجابة للتنبيه اللمسي أو السمعي خلال إثنتَي عشرة إلى أربع وعشرين ساعة.

إنّ **السرعة** التي تبدّل بها القشرة البصرية إلى معالجة الصوت واللمس طرحت ســـؤالاً هاماً أمام باسكوال – ليون. اعتقد باسكوال – ليون أنّ الدماغ ليس لديه الـــوقت الكافي لتجديد اتصالاته الكهربائية على نحوٍ جذري في يومين فقط. عندما تُوضَـــع الأعصاب في مُستنبَت، فهي تنمو مليمتراً واحداً على الأكثر في اليوم. لا يمكـــن للقـــشرة "البصرية" أن تبدأ في معالجة الحواس الأخرى بسرعة جداً إلا إذا

كانت الوصلات لهذه المصادر موجودةً بالفعل. تبنّى باسكوال - ليون، بالعمل مع روي هاملـــتون، فكرة أنّ الطرق الموجودة سابقا كان يتمّ كشفها ودفعا فكرهما هـــذه خطـــوةً للأمام باقتراح نظرية مفادها أنّ هذا النوع من إعادة تنظيم الدماغ الجذرية المشاهد في مدرسة الظلام لا يمثّل الاستثناء وإنما القاعدة[25]. يمكن للدماغ البـــشري أن يعيد تنظيم نفسه بسرعة جداً لأنّ أجزاء الدماغ الفردية ليست ملتزمة بالـــضرورة بمعالجة حواسّ معينة. نحن نستطيع أن نستخدم أجزاء من أدمغتنا لمهامّ عديدة مختلفة، وهو أمرٌ نقوم به عادةً بشكلٍ روتيني.

كما رأينا، فإنّ معظم نظريات الدماغ الحالية هي تمركزية وتفترض أنّ القشرة الحـــسّية تعـــالج كل حاسّة - البصر، السمع، اللمس - في مواقع مكرّسة لمعالجتها وحـــدها. يفتـــرض مصطلح "القشرة البصرية" أنّ **الهدف** الوحيد لتلك المنطقة من الـــدماغ هـــو معالجـــة الـــرؤية، تماماً كما يفترض المصطلحان "القشرة السمعية" و"القشرة الجسدية الحسية" هدفاً وحيداً في مناطق أخرى.

ولكـــنّ باســـكوال - ليون يقول: "إنّ أدمغتنا غير منظّمة فعلياً على أساس أنظمة تعالج وحدة حسّية معينة، بل هي منظّمةٌ في سلسلة من المشغّلات المحددة".

المـــشغِّل هو معالِجٌ في الدماغ، والذي بدلاً من أن يعالج مُدخلات مفردة من حاسة واحدة، مثل البصر أو اللمس أو السمع، يقوم بمعالجة معلومات أكثر تجـــريداً. يعالج أحد المشغّلات معلومات تتعلق **بالعلاقات الحيّزية**، ويعالج آخر **الحـــركة**، وثالـــثٌ **الأشكال**. إنّ العلاقات الحيّزية، والحركة، والأشكال هي معلـــومات تُعالَج بواسطة عدة من حواسنا. يمكننا أن نحسّ ونرى الاختلافات الحيّـــزية - مـــثل مدى عرض يد أحدهم - كما يمكننا أن نحسّ ونرى الحركة والأشـــكال. قد تكون بضعة مشغِّلات جيدةً لحاسة واحدة فقط (مثلاً، مشغِّل اللون)، ولكنّ مشغِّلات الحيّز والحركة والشكل تعالَج إشارات واردة من أكثر من حاسة واحدة.

يتمّ انتقاء المشغِّل تنافسياً. يبدو أن نظرية المشغِّل تعتمد على نظرية انتقاء المجمـــوعة العصبونية المطوّرة في العام 1987 من قبَل جيرالد إدلمان الفائز بجائزة نوبل. اقترح إدلمان أنه لأي نشاط دماغي، يتمّ انتقاء مجموعة العصبونات الأقدر علـــى القـــيام بالمهمة. هناك منافسةٌ داروينية - أو داروينية عصبية، باستخدام

مــصطلح جيرالد إدلمان - جاريةٌ طوال الوقت بين المشغِّلات لتحديد أي منها يمكــن أن يعــالج على نحوٍ أكفأ الإشارات الواردة من حاسة معينة وفي ظرفٍ معين.

تــزوّد هــذه النظرية بجسرٍ رائع بين تأكيد التمركزيين على ميل الأشياء لأن تحــدث في مواقــع نموذجية معينة، وتأكيد اختصاصيي اللدونة العصبية على قدرة الدماغ على إعادة تنظيم نفسه.

تلمّــح هــذه النظرية إلى أنّ الناس الذين يتعلّمون مهارةً جديدة يمكنهم أن يجنّدوا مشغِّلات مكرّسة لنشاطات أخرى، ويزيدوا قوة معالجتهم للغاية، بشرط أن يكونــوا قــادرين على إنشاء عقبة طريق بين المشغّل الذي يحتاجون إليه ووظيفته المعتادة.

إذا كــان علــى أحــدهم أن يقوم بمهمة سمعية شاقة، مثل حفظ الإلياذة لهوميروس، فبإمكانه أن يعصب عينيه لتجنيد مُشغِّلات مكرّسة عادةً للبصر، لأنّ المــشغّلات الضخمة في القشرة البصرية تستطيع أن تعالج الصوت[26]. في زمنِ هــوميروس، كانــت تُــنظَم قــصائد طويلة وتنتقل من جيلٍ إلى جيل شفهياً (هوميروس نفسه كان أعمى وفقاً للتقليد). كان الحفظ أساسياً في حضارات ما قبل التعليم. وربما شجعت الأمية بالفعل أدمغة الناس على تعيين مشغّلات أكثر للمهــام الــسمعية. ومع ذلك، فإنّ مثل هذه المهام الفذّة للذاكرة الشفهية هي ممكنة في الحضارات المتعلّمة إذا كان هناك حافز كاف؛ على مدى قرون، علّم الــيهود اليمنــيون أطفالهم حفظَ كامل التوراة، ويحفظً الأطفال اليوم في إيران القرآن الكريم بأكمله.

لقــد رأيــنا أنّ تخيُّل فعلٍ يُشغِّل نفس البرامج الحركية والحسّية المشترِكة في فعلــه. لقــد تصوّرنا لفترة طويلة حياتنا التخيّلية بنوعٍ من الرهبة المقدّسة: نبيلة، وصــافية، ولامادّية، وأثيرية، انتُزعَت من دماغنا المادي. والآن، لا يمكننا أن نكون متأكّدين تماماً بشأن أين يجب أن نرسم الخطّ الفاصل بينهما.

إنّ كــل شــيء يتخيّله عقلك "اللامادّي" يترك آثاراً مادّية. فكل فكرةٍ تغيّر الحالة الفيزيائية لمشابك دماغك عند مستوىً مجهري. في كل مرةٍ تتخيّل أنك تحرّك أصابعك عبر المفاتيح لتعزف على البيانو، أنت تغيّر الحوالق في دماغك الحيّ.

ليست هذه التجارب مبهجة وآسرة فحسب، ولكنها أيضاً تمحو قروناً من الإرباك الناتج عن عمل الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت، الذي جادل بأنّ العقل والدماغ مؤلّفان من مادّتين مختلفتين ومحكومان بقوانين مختلفة. ادّعى ديكارت أنّ الدماغ شيءٌ فيزيائي ماديّ، يشغل حيّزاً ويتبع قوانين الفيزياء. أما العقل (أو الروح، كما يدعوه ديكارت) فهو لاماديّ، وعبارة عن شيءٍ مفكّر لا يشغل حيّزاً ولا يتبع قوانين الفيزياء. وجادل أيضاً بأنّ الأفكار محكومةٌ بقوانينِ الاستنتاج المنطقي، والتقدير، والرغبات، وليس بقوانين السبب والمسبَّب الفيزيائية. ووفقاً لديكارت، فإنّ البشر مؤلّفون من هذه الازدواجية، أو هذا الاتحاد بين العقل اللاماديّ والدماغ الماديّ.

ولكنّ ديكارت - الذي سادت فكرته القائلة بالفصل بين العقل والدماغ طوال أربعمائة سنة - لم يستطع أبداً أن يشرح على نحوٍ معقول كيف يمكن للعقل اللاماديّ أن يؤثّر في الدماغ الماديّ. ونتيجة لذلك، بدأ العلماء يشكّون ما إذا كان بإمكان التفكير اللاماديّ، أو مجرّد التخيُّل، أن يغيّر بنية الدماغ الماديّ. بدا أنّ وجهة نظر ديكارت تفتح ثغرة لا يمكن سدّها بين العقل والدماغ.

إنّ محاولته النبيلة الرامية إلى إنقاذ الدماغ من التصوّف الذي أحاط به في زمنه، وذلك بجعله ميكانيكياً، باءت بالفشل. عوضاً عن ذلك، أصبح يُنظر إلى الدماغ كآلة خاملة تعوزها الحياة ولا يمكن دفعها للعمل إلا من خلال الروح اللاماديّة الشبيهة بالشبح التي وضعها ديكارت ضمنه[27]، والتي أصبح يُطلَق عليها "الشبح في الآلة".

بتصوّره دماغاً ميكانيكياً، جرّد ديكارت الدماغ من أي حياة وأبطأ قبول لدونة الدماغ أكثر مما فعل أي مفكّر آخر. وفقاً لديكارت، فإنّ أية لدونة - أية قدرة على تغيير ما لدينا - موجودة في العقل، بأفكاره المتغيّرة، وليس في الدماغ[28].

ولكن بإمكاننا أن نرى الآن أنّ أفكارنا "اللاماديّة" لديها أيضاً توقيعٌ فيزيائي، ولا يمكننا أن نكون متأكّدين تماماً أنّ التفكير لن يُفسَّر يوماً بمصطلحات فيزيائية. وفي حين أنه لا يزال علينا أن نفهم **كيف** تغيّر الأفكار فعلياً بنية الدماغ بالضبط[29]، إلا أنه بات واضحاً الآن أنها تفعل ذلك، والخطّ الفاصل الراسخ الذي رسمه ديكارت بين العقل والدماغ هو خطٌّ منقّط بازدياد.

9

تحويل أشباحنا إلى أسلاف

التحليل النفسي كعلاج لدونةٍ عصبية

كان السيد "ل" يعاني من اكتئابات متكررة لأكثر من أربعين عاماً وقد واجه صعوبات في علاقاته مع النساء. كان في أواخر العقد السادس (الخمسينات) من عمره ومتقاعداً حديثاً عندما جاء إليّ مُلتمساً المساعدة.

في ذلك الوقت، أي في أوائل تسعينيات القرن الماضي، لم يعرف إلا عددٌ قليل من الأطباء النفسيين بلدونة الدماغ، وغالباً ما كان يُعتقد أنّ الناس الذين شارفت أعمارهم على الستين كانوا "ثابتين جداً في طرقهم" إلى حدٍّ لا يستطيعون معه أن يستفيدوا من علاجٍ لا يهدف فقط إلى تخليصهم من أعراضهم بل أيضاً إلى تغيير أوجه ثابتة من شخصيتهم.

كان السيد "ل" دائماً رسمياً ومهذّباً. وكان ذكياً ولطيفاً ويتكلّم بطريقة سريعة مختصرة، بدون الكثير من الموسيقى في صوته.

بالإضافة إلى اكتئاباته العميقة، التي لم تستجب إلا بشكلٍ جزئي لمضادات الإكتئاب، عاني السيد "ل" أيضاً من حالة مزاجية غريبة أخرى. غالباً ما كان ينتابه – بشكلٍ فجائي على ما يبدو – إحساس شللٍ غامض، يشعر معه بالخدر وانعدام الهدف، كما لو كان الزمن قد توقّف. ذكر السيد "ل" أيضاً أنه كان يشرب المشروب المفضل بكثرة.

وكان منزعجاً بصورة خاصة بشأن علاقاته مع النساء. فما إن يرتبط عاطفياً بامرأة، حتى يبدأ بالتراجع، شاعراً أنّ "هناك امرأة أفضل في مكانٍ آخر تمّ

حرماني منها". وقد خان زوجته في عدد من المناسبات وخسر زواجه نتيجةً لذلك، وهـــو أمرٌ يأسف له جداً. والأسوأ من ذلك، أنه لا يعرف على وجه التأكيد سبب خيانته لها لأنه كان يحترمها كثيراً. وقد حاول مرات عديدة أن يرجع إليها، ولكنها رفضت.

لم يكن واثقاً ما يعنيه الحب، و لم يشعر أبداً بالغيرة من الآخرين أو بالرغبة في الاستئثار بحبّهم، وشعر دوماً أنّ النساء يردن أن "يتملّكنه". وقد تجنّب الالتزام مع النـــساء أو الاختلاف معهن. وكان مكرَّساً لأطفاله ولكنه شعر أنّ تعلّقه بهم نابعٌ مـــن الإحساس بالواجب لا من العاطفة البهيجة. وقد آلمه شعوره هذا لأنهم كانوا شغوفين به ومحبّين له.

حـــين كـــان عمـــر السيد "ل" سنتَين وشهرين، ماتت والدته أثناء وضعها لـــشقيقته الـــصغرى، ولكنه لا يعتقد أنّ موتها قد أثّر عليه كثيراً. كان لديه سبعة إخـــوة وأخـــوات، وكان عائلهم الوحيد بعد وفاة أمهم هو والدهم، الذي كان مـــزارعاً يديـــر مزرعة منعزلة عاشوا فيها بدون كهرباء أو مياه جارية في مقاطعة محرومة خلال فترة الكساد الاقتصادي الكبير. وبعد ذلك بسنة، أُصيب السيد "ل" بمرضٍ معدي معوي مزمن تطلّب رعاية مستمرة. وحين بلغ الرابعة من عمره، قام والـــده، الذي لم يعد قادراً على الاعتناء به وبإخوته معاً، بإرساله إلى عمته التي لم تُرزق بأطفال ليعيش معها وزوجها على بعد ألف ميل. لقد تغيّر كل شيء في حياة السيد "ل" القصيرة، في غضون سنتين، حيث فقد والدته، ووالده، وإخوته، وبيته، وقريته، وكل محيطه الفيزيائي المألوف - كل شيء اهتمّ به وتعلّق به.

ونظـــراً لأنـــه نشأ بين أناسٍ اعتادوا على تحمّل الأوقات الصعبة والاحتفاظ برباطة جأشهم، فلم يتحدّث معه أحد، سواء والده أو عائلته التي تبنّته، بشأن كل الأشياء التي افتقدها.

ذكـــر الـــسيد "ل" أنه لا يتذكّر أي شيء من عمر الرابعة فما قبل، ويتذكّر القلـــيل جـــداً من سنوات مراهقته. وهو لم يشعر بأي حزن لما حدث له و لم يبكِ أبداً، حتى كراشد، لأي سبب. وبالفعل، كان يتكلّم كما لو أنّ لا شيء مما حدث له قد سُجِّل في ذاكرته. وهو يسأل: "لماذا يجب أن يُسجَّل؟ أليست عقول الأطفال مشكّلةً بصورةٍ ضعيفة جداً لا يمكن معها تسجيل أحداث الحياة الباكرة؟".

ومـع ذلك، كانت هناك تلميحات بأنّ ما فقده قد سُجِّل بالفعل. بينما كان يُخبر قصته، بدا السيد "ل"، بعد كل هذه السنوات، كما لو كان لا يزال مصدوماً. وكانت تلازمه أحلامٌ يبحث فيها دوماً عن شيء ما. وكما اكتشف فرويد، فإنّ الأحلام المتكرّرة ذات البنية الثابتة نسبياً، غالباً ما تحتوي على أجزاء مرتجعة من الصدمات الباكرة.

يصف السيد "ل" حلماً نموذجياً كما يلي:

أنا أبحث عن شيء، لا أعرف ما هو... شيء مجهول، ربما لعبة، ما وراء المنطقة المألوفة... أحب أن أسترجعه مرةً أخرى.

كان تعليقه الوحيد هو أنّ حلمه مثّل "خسارةً رهيبة". ولكنه، على نحوٍ مدهش، لم يربطه بفقده لأمه أو عائلته.

من خلال فهمه لحلمه، سيتعلّم السيد "ل" أن يحبّ، وأن يغيّر أوجهاً هامة من شخصيته، ويخلّص نفسه من أربعين سنة من الأعراض، في تحليل استمر من عمر الثامنة والخمسين حتى الثانية والستين. كان هذا التغيير ممكناً لأنّ التحليل النفسي هو في الواقع علاج لدونة عصبية.

درج منذ سنوات في بعض الجهات الجدال بأنّ التحليل النفسي، و"علاج التحدُّث" الأصلي، وغير ذلك من العلاجات النفسية هي جميعاً طرقٌ غير جدّية لمعالجة الأعراض النفسية ومشاكل الشخصية. فالعلاجات "الجدّية" تتطلّب أدوية، وليس فقط "التحدّث عن الأفكار والمشاعر"، والتي لا يمكن أن تؤثّر في الدماغ أو تغيّر خصائصه التي اعتُقد بازدياد أنها نتاجٌ لجيناتنا.

لقد كان عمل الطبيب النفسي والباحث إريك كاندل هو الذي أثار اهتمامي لأول مرة باللدونة العصبية حين كنت طبيباً مقيماً في قسم الطبّ النفسي في جامعة كولومبيا حيث كان كاندل يعلّم، وقد كان له تأثيرٌ بارز على جميع الحاضرين. كان كاندل أول من أظهر أننا عندما نتعلّم، فإنّ عصبوناتنا الفردية تغيّر بنيتها وتقوّي الاتصالات المشبكية بينها[1]. وهو أيضاً أول من أوضح أننا عندما نشكّل ذكريات طويلة الأمد، فإنّ العصبونات تغيّر شكلها التشريحي وتزيد عدد الاتصالات المشبكية مع العصبونات الأخرى، وهو العمل الذي أكسبه جائزة نوبل في العام 2000.

أصبح كاندل طبيباً عاماً وطبيباً نفسياً يأمل في ممارسة التحليل النفسي. ولكنّ العديد من أصدقائه المختصّين بالتحليل النفسي ألحّوا عليه أن يدرس الدماغ، والتعلُّم، والذاكرة من أجل أن يعمّق الفهم لسبب فعالية العلاج النفسي وكيفية تحسينه. وبعد بعض الاكتشافات المبكرة، قرّر كاندل أن يصبح عالم مختبر متفرّغاً، ولكنه لم يفقد الاهتمام أبداً في كيفية تغيُّر العقل والدماغ في التحليل النفسي.

بدأ كاندل في دراسة حلزونة بحرية عملاقة، تُدعى أبليسيا *Aplysia*، يمكن أن تزوّد عصبوناتها الكبيرة على نحوٍ غير مألوف - خلاياها بعرض ميليمتر واحد وتُرى بالعين المجرّدة - بنافذة على الطريقة التي يعمل بها النسيج العصبي البشري. التطوّر محافظ، وتعمل أشكال التعلّم الأولية بالطريقة نفسها في الحيوانات ذات الأجهزة العصبية البسيطة وفي الإنسان على حدّ سواء.

كان أمل كاندل أن "يأسر" استجابةً مُتعلّمة في أصغر مجموعة ممكنة من العصبونات يستطيع إيجادها، وأن يقوم بدراستها[2]. وجد كاندل دائرةً كهربائية بسيطة استطاع أن يزيلها جزئياً من الحلزونة بتشريحها، وإبقائها حيةً وسليمة في ماء البحر. وبهذه الطريقة استطاع أن يدرس الحلزونة وهي حيّة أثناء تعلُّمها.

يحتوي الجهاز العصبي البسيط للحلزونة البحرية على خلايا حسّية تكتشف الخطر وترسل إشارات إلى عصبوناتها الحركية التي تعمل بصورة إنعكاسية لحمايتها. تتنفس حلازين البحر بتعريض خياشيمها المغطّاة بنسيج لحمي يُعرَف بالسيفون. إذا اكتشفت العصبونات الحسّية في السيفون منبِّهاً أو خطراً غير مألوف، ترسل رسالةً إلى ستة عصبونات حركية تطلق بدورها إشارات كهربائية، ما يجعل العضلات حول الخيشوم تسحب السيفون والخيشوم على حدّ سواء بأمان إلى داخل الحلزونة، حيث تتمّ حمايتهما. هذه هي الدائرة التي درسها كاندل بإقحام أقطابٍ كهربائية مجهرية في العصبونات.

بيّن كاندل أنه عندما تعلّمت الحلزونة أن تتجنّب الصدمات وتسحب خيشومها، تغيّر جهازها العصبي، معزّزاً الاتصالات المشبكية بين عصبوناته الحسّية والحركية ومُطلقاً إشارات أكثر فاعلية مُكتشَفة بواسطة الأقطاب الكهربائية المجهرية. كان هذا هو البرهان الأول على أنّ التعلُّم قاد إلى تقوية الاتصالات بين العصبونات بصورة لدنة[3].

وجد كاندل أنه إذا كـرّر الصدمات خلال فترة قصيرة، تصبح الحلازين "مُحسَّسة"، بحيث إنها تطوّر "خوفاً مُتعلَّماً" وميلاً لأن تبالغ في ردّ الفعل حتى للمنبّهات الخفيفة، كما يفعل البشر المصابون باضطّرابات قلق. عندما طوّرت الحلازين خوفاً مُتعلَّماً، أطلقت العصبونات قبل المشبكية إشارةً أكثر قوة[4]. ثم بيّن كاندل أنّ الحلازين يمكن أن تُعلَّم لتُميِّز منبِّهاً على أنه غير مؤذٍ[5]. عندما لُمس سيفون الحلزونة برفق مرةً بعد أخرى دون أن يُتبَع بصدمة، ضَعُفت المشابك المؤدِّية إلى فعل السحب الانعكاسي، وفي النهاية تجاهلت الحلزونة اللمس. وأخيراً، تمكّن كاندل من تبيان أنّ الحلازين تستطيع أيضاً أن تتعلّم ربط حدثين مختلفين وأنّ أجهزتها العصبية تتغيّر في هذه العملية[6]. فحين عُرِّضت الحلزونة لمنبِّه خفيف أُتبِع على الفور بصدمة على الذيل، استجاب عصبون الحلزونة الحسّي سريعاً إلى المنبّه الخفيف كما لو كان خطراً، مُطلقاً إشارات قوية جداً، حتى عندما لم يُتبَع المنبّه بالصدمة.

ثم بيّن كاندل، بالعمل مع توم كارو، وهو عالم نفسي فسيولوجي، أنّ الحلازين تستطيع أن تطوّر ذاكرةً قصيرة الأمد وأخرى طويلة الأمد. في واحدة من التجارب، درّب العالمان حلزونة على سحب خيشومها بعد أن لمساه لعشر مرات. دامت التغيّرات في العصبونات لعدة دقائق - المكافئ لذاكرة قصيرة الأمد. وعندما لمسا الخيشوم عشر مرات، في أربع جلسات تدريب مختلفة، يفصل بينها عدة ساعات إلى يومٍ واحد، دامت التغيّرات في العصبونات حتى ثلاثة أسابيع[7]. طوّرت الحلازين ذاكرات أولية طويلة الأمد.

ثمّ عمل كاندل مع زميله الأحيائي الجزيئي جيمس شوارتز ومع اختصاصيين في علم الوراثة من أجل فهمٍ أفضل **للجزيئات** الفردية المشتركة في تشكيل الذاكرة الطويلة الأمد في الحلازين[8]. أظهر الفريق أنه من أجل أن تصبح ذاكرة قصيرة الأمد في الحلازين ذاكرةً طويلة الأمد، فإنّ بروتيناً جديداً يجب أن يُصنع في الخلية[9]. وأظهر الفريق أنّ ذاكرة قصيرة الأمد تصبح طويلة الأمد عندما تنتقل مادة كيميائية في العصبون، تُدعَى البروتين كيناز A، من جسم العصبون إلى نواته، حيث تُخزَّن الجينات. يُشغِّل البروتين (كيناز A) جيناً لصنع بروتين يغيّر بنية نهاية العصب، بحيث إنها تنشئ اتصالات جديدة بين العصبونات. ثمّ أظهر كاندل، وكارو، وزميلاهما كريغ بيلي وماري تشن أنه عندما يطوّر عصبونٌ مفرد ذاكرةً

طويلة الأمد للتحسيس، فإنّ اتصالاته المشبكية تزداد من 1,300 إلى 2,700، وهو مقدارٌ هائل من التغيّر اللدن العصبي[10].

تحدث نفس العملية في البشر. فعندما نتعلّم، يتمّ تشغيل جينات أخرى في عصبوناتنا كانت قبل ذلك في وضع إيقاف.

توجد وظيفتان للجينات. الأولى منهما، وهي "وظيفة القالب"، تتيح لجيناتنا أن تتكرّر، صانعةً نُسخاً طبق الأصل عن نفسها تنتقل من جيلٍ إلى جيل. وظيفة القالب خارجةٌ عن سيطرتنا.

أما الوظيفة الثانية فهي "وظيفة الاستنساخ". تحتوي كل خليةٍ في جسمنا على جميع جيناتنا، ولكن ليست كلٍ هذه الجينات في وضع تشغيل. عندما يتمّ تشغيل جين، فهو يصنع بروتيناً جديداً يغيّر بنية ووظيفة الخلية. يُطلق على هذه العملية اسم وظيفة الاستنساخ لأنه عندما يتمّ تشغيل الجين، فإنّ المعلومات بشأن كيفية صنع هذه البروتينات "تُنتسَخ" وتقرأ من الجين الفردي. تتأثر وظيفة الاستنساخ هذه بما نفعل ونفكّر.

يفترض معظم الناس أنّ جيناتنا تشكّلنا – سلوكنا والتركيب البنيوي لدماغنا. يُظهر عمل كاندل أننا عندما نتعلّم، فإنّ عقولنا أيضاً تؤثّر في عملية اختيار الجينات التي سيتمّ استنساخها في عصبوناتنا. وهكذا، نحن نستطيع أن نشكّل جيناتنا التي تشكّل بدورها التركيب البنيوي المجهري لدماغنا.

يجادل كاندل بأنّ العلاج النفسي، عندما يغيّر الناس، "فهو يفعل ذلك افتراضاً من خلال التعلُّم، وذلك بإحداث تغييرات في التعبير الجيني[11] (تشغيل أو إيقاف) تعدّل قوة الاتصالات المشبكية، وتغييرات بنيوية تعدّل النمط التشريحي للاتصالات البينية بين الخلايا العصبية للدماغ". يعمل العلاج النفسي عميقاً داخل الدماغ وعصبوناته ويغيّر بنيتها بتشغيل الجينات المناسبة. جادلت الطبيبة النفسية سوزان فوغان بأنّ علاج التحدُّث يعمل "بالتحدّث إلى العصبونات"[12]، وأنّ المعالِج النفسي أو المحلّل النفسي الفعّال هو "جرّاحٌ مجهري للعقل" يساعد المرضى على إحداث التعديلات اللازمة في الشبكات العصبونية.

إنّ التحليل النفسي (أو "التحليل") هو علاجٌ يفيد الناس المبتلين بأعراض وبأوجه من شخصيتهم على حدّ سواء. وفقاً لكاندل، فإنّ هذه المشاكل تحدث

عـــندما يكون لدينا تضاربات داخلية قوية تصبح فيها أجزاء من أنفسنا "منفصلة" جذرياً، أو معزولة عن بقيّتنا.

في حـــين أنّ عمـــل كاندل صرفه عن العيادة إلى مختبر العلوم العصبية، فإنّ سيغموند فرويد بدأ عمله كعالِم مختبر عصبـــي، ولكن بسبب فقره الشديد الذي مـــنعه مـــن المـــتابعة، فقد سلك الاتجاه المعاكس وأصبح طبيب أعصاب في عيادة خاصة، من أجل أن يحصل على دخلٍ كافٍ لإعالة أسرته[13]. سعى فرويد إلى دمج ما تعلّمه بشأن الدماغ كعالِم أعصابٍ مع ما كان يتعلّمه بشأن العقل أثناء معالجته للمرضـــى. وكطبيب أعصاب، تحرّر فرويد سريعاً من فكرة التمركزية السائدة في ذلك الوقت، والتي شكّلت الأساس لعمل بروكا وآخرين، وأدرك أنّ فكرة الدماغ المُحكَـــم الدوائـــر الكهربائية لم تشرح بشكل كافٍ كيف يمكن القيام بنشاطات عقلـــية معقّـــدة مكتسَبة ثقافياً مثل القراءة والكتابة. وفي العام 1891، ألّف فرويد كتاباً أسماه **حول الحُبسة** *On Aphasia*[14]، أظهر النقائص في الدليل القائم لنظرية "وظـــيفة واحـــدة، موقـــع واحد"، واقترح أنّ الظواهر العقلية المعقّدة مثل القراءة والكتابة ليست مقيدّةً فقط بمناطق قشرية متميزة، ومن غير المعقول أن نجادل، كما فعـــل التمركـــزيون، بأنّ هناك "مركزاً" دماغياً لمعرفة القراءة والكتابة، لأنّ معرفة القـــراءة والكتابة ليست صُلبية. وهكذا، لا بدّ للدماغ في سياق حياتنا الفردية من أن يعـــيد تنظـــيم نفـــسه واتصالاته الكهربائية ديناميكياً لأداء مثل تلك الوظائف المكتسَبة ثقافياً.

أنهى فرويد في العام 1895 "مشروع السيكولوجيا العلمية"[15]، وهو أحد أوّل النماذج العلمية العصبية الشاملة التي دمجت العقل والدماغ، ولا يزال مشروعه ذاك محـــلّ إعجـــاب إلى الـــيوم لمـــا فيه من إمتاعٍ عقلي[16]. اقترح فرويد هنا وجود "المشابك"، قبل عدة سنوات من السير شارلز شرينغتون الذي يُعزَى إليه الفضل في اكتشافها. أعطى فرويد في "المشروع" وصفاً للكيفية التي يمكن بها للمشابك، التي أسماهـــا "حواجز الاتصال"، أن تتغيّر بما نتعلّمه، مُستبِقاً بذلك عمل كاندل. وبدأ أيضاً في اقتراح أفكار لدونة عصبية.

أول مفهـــوم لدونة طوّره فرويد هو قانون "العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معـــاً"[17]، الذي يُعرَف عادةً بقانون هيب، رغم أنّ فرويد اقترحه في العام 1888،

أي قبل هيب بستين سنة. نصّ قانون فرويد على أنه عندما يتّقد عصبونان **في الوقت نفسه** (يطلقان إشارات كهربائية)، فإنّ هذا الاتقاد يسهّل **ربطهما** المستمر. أكّد فرويد أنّ ما ربط العصبونات هو اتّقادهما معاً **في الوقت نفسه**، وأطلق على هذه الظاهرة قانون الربط بالتزامن. يشرح قانون الربط أهمية فكرة "الربط الحرّ" لفرويد، التي يستلقي فيها مرضى التحليل النفسي على الأريكة ويقومون "بالربط الذهني الحرّ"، أو يقولون كل شيء يتبادر إلى أذهانهم، بغضّ النظر عن مدى تفاهته أو إزعاجه ظاهرياً. يجلس المحلّل النفسي خلف المريض، بمنأى عن نظره، ولا يتفوّه عادةً بالشيء الكثير. وجد فرويد أنه إذا لم يتدخّل، فإنّ العديد من المشاعر والروابط المثيرة للاهتمام تبرز في الربط الذهني للمريض - أفكار ومشاعر يبعدها المريض عادةً. يستند الربط الحرّ على فهم أنّ كل الربط الذهني العقلي الذي نقوم به، وحتى "العشوائي" منه الذي يبدو غير مفهوم، هو تعبير عن الوصلات المشكّلة في شبكاتنا الادّكارية[18]. إنّ قانون الربط بالتزامن يربط ضمناً التغيرات في الشبكات العصبونية مع التغيرات في شبكاتنا الادّكارية[19]، بحيث إنّ العصبونات التي اتّقدت معاً قبل سنوات اتّصلت معاً، وهذه الاتصالات الأصلية لا تزال غالباً في مكانها وتظهر في الربط الذهني الحرّ للمريض.

أما فكرة اللدونة الثانية لفرويد فقد كانت تلك الخاصة بالفترة الحرجة السيكولوجية وفكرة اللدونة الجنسية المرتبطة بها[20]. كما رأينا في الفصل 4، "اكتساب الأذواق والحب"، كان فرويد أول من جادل بأنّ الجنسانية البشرية والقدرة على الحبّ لديهما فترات حرجة في مرحلة الطفولة المبكرة أطلق عليها فرويد اسم "مراحل التنظيم". إنّ ما يحدث خلال هذه الفترات الحرجة له تأثير جامح على قدرتنا على الحبّ والارتباط لاحقاً في الحياة[21]. إذا حصل شيء بشكلٍ منحرف، فمن الممكن إحداث تغيير لاحقاً في الحياة، ولكنّ التغيّر اللدن يصبح صعب البلوغ بعد إقفال الفترة الحرجة.

تمثّلت فكرة فرويد الثالثة في وجهة نظره الخاصة بلدونة الذاكرة. كانت الفكرة التي ورثها فرويد عن معلّميه هي أنّ الأحداث التي نختبرها يمكن أن تترك **آثاراً ادّكارية دائمة** في عقولنا. ولكن حين بدأ فرويد في معالجة المرضى، لاحظ أنّ الذكريات لا تُسجّل لمرةٍ واحدة فقط، أو "تُنقَش" لتبقى ثابتةً للأبد، ولكن يمكن

تعديلـــها بأحداث تالية و**إعادة نسخها.** لاحظ فرويد أنّ الأحداث يمكن أن تتّخذ لـــدى المرضى معنىً مُعدّلاً بعد سنوات من حدوثها، حيث يعدّل المرضى ذكرياتهم لـــتلك الأحداث. فالأطفال الذين يتمّ التحرّش بهم وهم صغارٌ جداً وعاجزون عن فهـــم مـــا يُفعَـــل بهم لا يكونون دائماً متضايقين زمن حدوث الفعل، ولا تكون ذكـــرياتهم الابتدائـــية سلبية دوماً. ولكن ما إن ينضجوا جنسياً، حتى ينظروا إلى الحادثـــة بـــشكلٍ جديد ويعطوها معنىً جديداً وتتغيّر ذكرياتهم الخاصة بالتحرُّش.
كـــتب فـــرويد في العام 1896 أنّ آثار الذاكرة تخضع من وقتٍ إلى آخر "**لإعادة تنظـــيم** متوافقة مع الظروف الجديدة، أو إلى **إعادة نسخ (استنساخ)**"[22]. وبالتالي فـــإنّ ما هو جديد أساساً بشأن نظريتي هو الفرضية بأنّ الذاكرة لا تكون حاضرةً لمرة واحدة، بل لعدة مرات". تتمّ قولبة الذكريات باستمرار، "على نحوٍ مشابه تماماً إلى العملية التي يسطر بها شعبٌ الأساطير حول تاريخه المبكر"[23]. يجادل فرويد أنه مـــن أجل تغيير الذكريات، لا بدّ أن تكون الذكريات شعورية وأن تصبح المركز لانتباهـــنا الشعوري، وهو ما بيّنه علماء الأعصاب بعد ذلك[24]. للأسف أنّ بعض الذكريات الصدمية لأحداث حصلت في الطفولة المبكرة، كما في حالة السيد "ل"، لا يمكن الوصول بها بسهولةٍ إلى الشعور (الوعي)، ولهذا فهي لا تتغيّر.

أمـــا فكرة اللدونة العصبية الرابعة لفرويد فقد ساعدت في شرح كيف يمكن تحـــويل الذكريات الصدمية اللاشعورية إلى أخرى شعورية وإعادة نسخها. لاحظ فـــرويد أنّ جلوسه بمنأى عن نظر مرضاه، وعدم تعليقه إلا إذا كان لديه تبصُّر في مـــشاكلهم، قد أحدث نوعاً من الحرمان الحسّي الخفيف جعل المرضى يبدأون في تقديره كتقديرهم لأناس مهمين في ماضيهم، مثل آبائهم عادةً، وخاصةً في فتراتهم السيكولوجية الحرجة. بدا الأمر كما لو كان المرضى يعيشون من جديد ذكرياتهم الماضية دون أن يكونوا مدركين لذلك. أطلق فرويد على هذه الظاهرة اللاشعورية اســـم "الـــنقل *transference*" لأنّ المرضى كانوا ينقلون مشاهد وطرقاً للإدراك الحـــسّي مـــن الماضـــي إلى الحاضـــر. كانـــوا "يعيشونها من جديد" بدلاً من أن "يتذكـــرّوها". إنّ المحلّـــل الذي يكون بمنأى عن النظر ولا يقول إلا القليل يصبح شاشة بيضاء يمكن للمريض أن يبدأ بإسقاط مشاهده النقلية عليها. اكتشف فرويد أنّ المرضى لم يسقطوا هذه المشاهد النقلية عليه فقط، بل أيضاً على أناسٍ آخرين في

حياتهم، دون أن يكونوا مدركين لفعلهم هذا، وأنّ تصوير الآخرين بطريقة مشوّهة غالباً ما كان يوقعهم في مشاكل. إنّ مساعدة المرضى على فهم مشاهدهم النقلية قد أتاح لهم أن يحسّنوا علاقاتهم. اكتشف فرويد أيضاً، وهو الأهمّ، أنّ المشاهد الصدمية النقلية المبكرة يمكن غالباً أن تُعدَّل إذا لُفت نظر المريض لما يحدث عندما يكون النقل مُنشَّطاً ويكون المريض منتبهاً بدقة. وبالتالي، فإنّ الشبكات العصبونية التحتية، والذكريات المرتبطة، يمكن إعادة نسخها وتغييرها.

* * *

في عمر السنتين وشهرين، أي العمر الذي فقد فيه السيد "ل" والدته، يكون التغيّر اللدن للطفل في ذروته: تبدأ أنظمة دماغية جديدة في التشكّل وتقوية الاتصالات العصبية، وتبدأ الخرائط في التمايز وإكمال بنيتها الأساسية بمساعدة التنبيه من العالَم والتفاعل معه. لقد أكمل نصف الكرة الدماغية الأيمن لتوّه نموّاً مفاجئاً[25]، بينما يبدأ نصف الكرة الدماغية الأيسر نموّاً مفاجئاً خاصاً به.

يعالج نصف الدماغ الأيمن بشكلٍ عام التواصل غير اللفظي، حيث يتيح لنا أن نميّز الوجوه ونقرأ التعابير الوجهية، ويربطنا مع غيرنا من الناس[26]. وبالتالي هو يعالج التلميحات البصرية غير اللفظية المتبادلة بين الأمّ وطفلها الرضيع. وهو يعالج أيضاً العنصر الموسيقي للكلام، أو النبرة، التي ننقل بها عاطفتنا[27]. تخضع هذه الوظائف لفترات حرجة أثناء النموّ المفاجئ لنصف الدماغ الأيمن، من الولادة وحتى السنة الثانية.

أما نصف الدماغ الأيسر فيعالج بشكلٍ عام العناصر **اللفظية اللغوية** للكلام، مقارنةً بالعناصر الموسيقية العاطفية، ويحلّل المسائل باستخدام المعالجة **الواعية** (الشعورية). يكون نصف الدماغ الأيمن في الأطفال الرضّع أكبر حجماً حتى نهاية السنة الثانية، ولأنّ نصف الدماغ الأيسر لا يزال بادئاً لتوّه في نموّه المفاجئ، فإنّ نصف الدماغ الأيمن يهيمن على الدماغ طوال السنوات الثلاث الأولى من حياتنا[28]. إنّ الأطفال في عمر السنتين وشهرين معقّدون: كائنات عاطفية "يمينية الدماغ"، ولكنهم لا يستطيعون التحدّث عن تجاربهم، وهي وظيفةٌ للنصف الدماغي الأيسر. يُظهر مسح الدماغ أنه خلال السنتين الأوليين من الحياة، تتواصل الأمّ بشكلٍ رئيسي لالفظياً بنصف دماغها الأيمن كي تصل إلى نصف الدماغ الأيمن لرضيعها[29].

تستمرّ إحدى الفترات الحرجة المهّمة بصورة خاصة من عشرة أشهر أو اثنَي عـــشر شهراً إلى ستة عشر أو ثمانية عشر شهراً، وهي الفترة التي تنمو فيها منطقة أساسية من الفصّ الجبهي الأيمن وتشكّل دوائر الدماغ الكهربائية التي ستتيح للطفل الرضـــيع أن يحافظ على الارتباطات البشرية وأن ينظّم عواطفه[30]. يُطلَق على هذه المـــنطقة النامـــية، جزء الدماغ خلف عيننا اليمنى، اسم **الجهاز الجبهي المداري الأيمن**[31]. (تقع المنطقة المركزية للجهاز الجبهي المداري في القشرة الجبهية المدارية، التي تمّت مناقشتها في الفصل 6، "فتح قفل الدماغ"، ولكنّ "الجهاز" يضمّ وصلات إلى الجهـــاز الحوفي الذي يعالج العاطفة). يتيح لنا هذا الجهاز أن نقرأ تعابير الناس الوجهـــية، وبالتالي انفعالاتهم، وأيضاً أن نفهم ونسيطر على انفعالاتنا الخاصة. لقد أنهى الصغير "ل" النموّ الجبهي المداري ولكن لم تُتَح له الفرصة لتعزيزه.

إنّ الأمّ الـــتي تكون مع طفلها الرضيع خلال الفترة الحرجة الخاصة بالارتباط والـــنموّ العاطفي تعلّم طفلها باستمرار معنى العواطف باستخدام الكلام الموسيقي والإيمـــاءات غير اللفظية. فحين تنظر إلى طفلها الذي ابتلع بعض الهواء مع حليبها، قـــد تقول له: "هيا، هيا، يا حبيبـــي. أنت تبدو منـــزعجاً للغاية، ولكن لا تخف. بطـــنك يـــؤلمك لأنك أكلت بسرعة. د ع أمك تساعدك على التجشّؤ وتحضنك، وستـــشعر أنـــك بخير". تخبر الأمّ طفلها **اسم العاطفة** (الخوف)، وأنّ لها **مُستحثّاً** (الأكل بسرعة)، وأنّ العاطفة **تُنقَل بتعبيرٍ وجهي** ("تبدو منـــزعجاً للغاية")، وأنها تتـــرافق مـــع **إحـــساسٍ جسدي** (مغص بطني)، وأنّ **اللجوء للآخرين للشعور بالارتـــياح هـــو غالباً مفيد** ("د ع أمك تساعدك على التجشّؤ وتحضنك"). لقد أعطـــت تلـــك الأمّ طفلـــها درســـاً مكثّفاً في أوجه العاطفة العديدة المنقولة ليس بالكلمات فقط، بل أيضاً بموسيقى صوتها الحنون وبإيماءاتها ولمساتها المُطمئنة.

من أجل أن يعرف الأطفال عواطفهم وينظّموها ويكونوا مرتبطين اجتماعياً، هـــم بحاجـــة لاختـــبار هذا النوع من التفاعل مئات المرات في الفترة الحرجة وأن يعزّزوه لاحقاً في الحياة.

فقـــد الـــسيد "ل" أمّه بعد بضعة أشهرٍ فقط من اكتمال نموّ جهازه الجبهي المـــداري. ولهـــذا فقد وقع على عاتق الآخرين، الذين كانوا هم أنفسهم محزونين وربمـــا كانـــوا أقلّ تفهُّماً له مما كانت أمه، أن يساعدوه على تمرين جهازه الجبهي

المـــداري مخافة أن يبدأ في الضعف. إنّ الطفل الذي يفقد أمه في هذه السنّ الصغيرة يـــصاب دائمـــاً تقـــريباً بصدمتين مدمّرتين: خسارته لأمه بموتها وخسارته لأبيه باكتـــئابه. إذا لم يستطع الآخرون أن يساعدوه على تسكين نفسه وضبط عواطفه كمـــا فعلـــت أمه، فسيتعلّم أن "يضبطها أوتوماتيكياً" بإيقافها[32]. عندما التمس الـــسيد "ل" العـــلاج، كان لا يزال لديه هذا الميل لإيقاف العواطف وكان يواجه صعوبةً في الحفاظ على الارتباطات.

* * *

قـــبل زمـــنٍ طـــويل من توفّر مسح الدماغ للقشرة الجبهية المدارية، لاحظ المحلّلـــون النفسيون خصائص الأطفال المحرومين من حنان الأم في الفترات الحرجة المبكـــرة. درس رينـــيه سبيتز خلال الحرب العالمية الثانية أطفالاً رضّع[33] تربّوا في أحـــضان أمهاتهم في السجن، وقارنهم مع أولئك الذين تربوّا في دارٍ للَقَطاء، حيث كانـــت ممرّضة واحدة مسؤولة عن سبع أطفالٍ رضّع. توقّف الأطفال اللقطاء عن الـــنموّ فكرياً، وكانوا عاجزين عن التحكّم بعواطفهم، حيث كانوا يتأرجحون بلا نهايـــة إلى الأمـــام وإلى الخلف، أو يقومون بحركات غريبة بأيديهم. دخل هؤلاء الأطفال أيضاً حالات "إيقاف" وكانوا غير مكترثين بالعالم حولهم، وغير مستجيبين للناس الذين حاولوا أن يحملوهم ويسلّوهم. بدت نظرات هؤلاء الأطفال في الصور الفوتوغـــرافية حزينةً وذاهلةً. تحدث حالات الإيقاف أو الحالات "الشللية" عندما يفقـــد الأطفال الأمل كلياً في إيجاد أمهم المفتقدة مرةً أخرى. ولكن كيف استطاع السيد "ل"، الذي دخل حالات مماثلة، أن يسجّل تجارب مبكرة كهذه في ذاكرته؟

يميّز علماء الأعصاب جهازين ادّكاريين رئيسيين، يتغيّر كلاهما على نحوٍ لدُن في العلاج النفسي.

يُطلَـــق على جهاز الذاكرة التام النموّ في الأطفال بعمر السنتين وشهرين اسم الذاكـــرة "الإجرائية" أو "الضمنية". غالباً ما يُستخدَم هذان المصطلحان على نحوٍ متـــبادل مـــن قِبَل كاندل. تعمل الذاكرة الإجرائية/الضمنية عندما نتعلّم إجراءً أو مجمـــوعة من الأفعال الأوتوماتيكية، الحادثة خارج انتباهنا المركّز، والتي لا يكون فـــيها الكـــلام مطلوباً بشكلٍ عام. إنّ تفاعلاتنا غير اللفظية مع الناس والعديدَ من ذكـــرياتنا العاطفـــية هي جزء من جهاز الذاكرة الإجرائية خاصتنا. وكما يقول

كانـــدل: "خلال السنتين أو الثلاث سنوات الأولى من الحياة، عندما يكون تفاعل الرضـــيع مـــع أمه مهماً بصورة خاصة، يعتمد الرضيع بشكلٍ رئيسي على جهازه الادّكـــاري الإجرائي"[34]. عادةً ما تكون الذكريات الإجرائية لاشعورية. فركوب الدراجـــة يعـــتمد علـــى الذاكرة الإجرائية، ومعظم الناس الذين يقودون الدراجة بـــسهولة ســـيجدون صعوبةً في أن يشرحوا بإدراك كيف يفعلون ذلك بالضبط. يـــؤكّد جهاز الذاكرة الإجرائية أننا يمكن أن نملك ذكريات لاشعورية، كما اقترح فرويد.

يُطلَق على الشكل الآخر من الذاكرة اسم الذاكرة "الصريحة" أو "التصريحية"، الـــتي تكـــون قد بدأت لتوّها في النموّ في الأطفال بعمر السنتين وشهرين. تتذكّر الذاكـــرة الـــصريحة شـــعورياً حقائق، وأحداثاً وفصولاً محدّدة. إنها الذاكرة التي نستخدمها عندما نصف ونوضّح ما فعلناه في عطلة نهاية الأسبوع بالتفصيل. وهي تـــساعدنا علـــى تنظـــيم ذكرياتنا على أساس المكان والزمان[35]. تُدعَم الذاكرة الصريحة بواسطة اللغة وتصبح أكثر أهمية حالما يستطيع الأطفال الكلام.

يمكـــن أن نتوقّع أنّ الناس الذين صُدِموا في سنوات حياتهم الثلاث الأولى لن يكـــون لديهم إلا القليل جداً، إن لم يكن لا شيء، من الذكريات الصريحة المتعلّقة بـــصدماتهم (ذكر السيد "ل" أنه لا يتذكّر شيئاً من سنوات حياته الأربع الأولى). ولكـــنّ الذكـــريات الإجرائية/الضمنية لهذه الصدمات موجودة وعادةً ما **تُثار** أو تُـــستحَثّ عندما يجد الناس أنفسهم في مواقف مشابهة للصدمة. يبدو غالباً أنّ هذه الذكـــريات تداهمنا "فجأة" ولا يبدو أنها مصنّفة وفقاً للزمن أو المكان أو السياق، بالطـــريقة التي تُصنَّف بها الذكريات الصريحة. إنّ الذكريات الإجرائية للتفاعلات العاطفية غالباً ما تُكرّر في النقل *transference*، أو في الحياة.

اكتُـــشفت الذاكـــرة الصريحة من خلال ملاحظة أشهر حالة ذاكرة في علم الأعصاب - وهي حالة شاب يُدعَى هـــ. م. كان يعاني من صرعٍ وخيم. لمعالجة الـــصرع، عمد أطباؤه إلى اقتطاع جزء من دماغه بحجم إبهام اليد، وهو الحصين أو قـــرن آمـــون (يوجد فعلياً "حُصينان"، واحدٌ في كل نصف من الدماغ، وقد أُزيل الاثنان). بدا هـــ. م. طبيعياً بعد الجراحة، حيث تعرّف على عائلته وكان بإمكانه أن يـــتحادث. ولكـــن ســـرعان ما بدا واضحاً أنه لم يعد قادراً على تعلُّم حقائق

جديــدة منذ أن أُجريت له العملية. فعندما زاره أطباؤه، وتحدّثوا معه، وغادروا، ثمّ عادوا مرةً أخرى، لم يكن لديه أية ذكرى من أي نوعٍ كان حول الزيارة السابقة. نحــن نــتعلّم من حالة هـــ. م. أنّ الحُصين يحوّل ذكرياتنا الصريحة القصيرة الأمد المــتعلّقة بالــناس والأماكن والأشياء إلى أخرى طويلة الأمد، وهي الذكريات التي نملك وصولاً شعورياً إليها.

يــساعد التحليل النفسي المرضى على التعبير عن أفعالهم وذكرياتهم الإجرائية اللاشــعورية كلامياً ووضعها في سياق، كي يتمكّنوا من فهمها على نحوٍ أفضل. وخــلال عملــية التحليل، يقومون بإعادة نسخ هذه الذكريات الإجرائية بلدونة، بحيث تصبح ذكريات صريحة شعورية، للمرة الأولى أحياناً، ولا يعود المرضى بحاجة لأن "يعيشوها من جديد" أو "يعيدوا تمثيلها"، وخاصةً إذا كانت صدمية.

تعــوّد السيد "ل" بسرعة على التحليل والربط الذهني الحرّ وبدأ يجد، كما يفعل العديد من المرضى، أنّ الأحلام من الليلة السابقة تتبادر غالباً إلى ذهنه. وبدأ بعد فترةٍ وجيزة ينقل حلمه المتكرّر بشأن البحث عن شيء مجهول، ولكنه أضاف تفاصيلَ جديدة – قد يكون "الشيء" شخصاً:

> قــد يكــون الشيء الضائع جزءاً مني، ربما هو ليس كذلك. قد يكون لعــبة، أو شــيئاً من مقتنياتي، أو شخصاً. لا بدّ أن أحصل عليه حتماً. ســأعرفه عــندما أجده. ومع ذلك، أنا لست واثقاً إن كان له وجودٌ أساساً، وبالتالي أنا لست متأكداً إن كنت قد أضعت أي شيء.

أوضــحت للــسيد "ل" أنّ هناك نمطاً بدأ بالظهور. لم ينقل السيد "ل" هذه الأحــلام فقط، بل أيضاً اكتئابه وشعوره بالعجز بعد العطلات التي كانت تتخلّل عملــنا. لم يــصدّقني في البداية، ولكنّ الاكتئاب وأحلام الخسارة – ربما خسارة شــخص – استمرت في الظهور في فترات الاستراحة. ثمّ تذكّر أنّ المقاطعات أثناء عملنا كانت تقود أيضاً إلى اكتئابات غامضة.

إنّ أفكــار حلمــه المتعلّقة **بالبحث اليائس** كانت مرتبطة في ذاكرته **بمقاطعات العناية به**، ويُفترَض أنّ العصبونات التي تُشفّر هذه الذكريات قد اتّصلت معاً في مرحلة مبكــرة من نموّه. ولكنه لم يعد مدركاً بوعي – أو لم يكن مدركاً أبداً – لهذا الارتباط

الماضـــي. كانـــت "اللعـــبة الضائعة" في الحلم هي التلميح إلى أنّ معاناته الحالية كانت مـــشوبة بمـــا خسره في مرحلة الطفولة. ولكنّ الحلم اقتضى أنّ الخسارة كانت تحدث **الآن**. كان الماضي والحاضر يمتزجان معاً، وكان هناك نقلٌ *transference* يتمّ تنشيطه.

وفي هـــذه المرحلة، قمتُ أنا، كمحلّل نفسي، بما تفعله أمّ متفهّمة، عندما تطوّر الجهاز الجبهـــي المـــداري لوليدها، بتوضيح "الأساسيات" العاطفية - مساعدته على تسمية عـــواطفه، ومُـــستحثّاتها، وكيف تؤثّر في حالتَيه العقلية والجسدية. وبعد زمنٍ وجيز، أصبح السيد "ل" قادراً على تحديد المستحثّات والعواطف بنفسه.

أثارت المقاطعات ثلاثة أنواعٍ مختلفة من الذكريات الإجرائية: حالة قلقة كان يبحث فيها عن أمه وأسرته التي فقدها. وحالة كئيبة يئس فيها من إيجاد ما يبحث عنه. وحالة مشلولة شعر فيها بالعجز وتوقّف الزمن، ربما لأنه كان مُربَكاً كلياً.

بالحـــديث عـــن هذه التجارب، كان السيد "ل" قادراً للمرة الأولى في حياته الراشدة أن يربط بحثه اليائس بمُستحثّه الحقيقي، وهو خسارته لشخص، وأن يدرك أنّ عقلـــه ودماغـــه لا يزالان يدمجان فكرة الانفصال بفكرة موت أمه. بقيامه بهذا الربط، وبإدراكه أنه لم يعد طفلاً عاجزاً، شعر السيد "ل" بأنه أقلّ إرباكاً.

وبلغـــة اللدونـــة العـــصبية، فإنّ التنشيط **والانتباه الدقيق** إلى الارتباط بين المقاطعات اليومية واستجابته الفاجعة لها، أتاح له أن يفكّ الارتباط ويغيّر النمط.

عـــندما أصـــبح السيد "ل" مدركاً أنه كان ينظر لافتراقاتنا الوجيزة كما لو كانت خسارةً هامة ويتفاعل معها على هذا الأساس، رأى في منامه الحلم التالي:

> أنا مع رجلٍ يحرّك صندوقاً خشبياً كبيراً في داخله حِمل.

وعـــندما قـــام بالربط الذهني الحرّ، تبادرت إلى ذهنه عدة أفكار. فقد ذكّره الصندوق بصندوق ألعابه وذكّره أيضاً بتابوت. بدا أنّ الحلم يقول بصورٍ رمزية أنه كان يحمل معه، أينما ذهب، عبء موت أمه. ثم قال الرجل في الحلم:

> "انظر إلى ما دفعته ثمناً لهذا الصندوق". بدأت أخلع ثيابـــي، ورِجلي في حالـــة ســـيئة، ندبية (مليئة بالندوب)، تُغطّيها القروف، وتبرأ بنتوء هو جزءٌ ميِّت مني. لم أعرف أنّ الثمن سيكون باهظاً إلى هذا الحدّ.

ارتبطت جملة "لم أعرف أنّ الثمن سيكون باهظاً إلى هذا الحدّ" في ذهنه بإدراك متنام بأنه كان لا يزال متأثّراً بموت أمه. لقد جُرِح ولا تزال آثار الجروح باقية. بعد التلفّظ بتلك الفكرة مباشرةً، التزم السيد "ل" الصمت واختبر واحدةً من تجلّيات حياته الرئيسية.

يقول السيد "ل": "**في كل مرة أكون مع** امرأة، أفكّر سريعاً في أنها ليست المرأة المناسبة لي، وأتخيّل أنّ هناك امرأةً أخرى مثالية في مكان ما، تنتظرني". ثمّ قال وقد بدا مصدوماً كلياً: "لقد أدركتُ للتوّ أنّ تلك المرأةَ الأخرى تمثّل الصورة المبهمة لأمي التي اختزنتها في ذهني كطفل، وأنها **هي** التي يجب أن أكون مخلصاً لها، ولكني لا أجدها أبداً. تصبح المرأة التي أكون معها أمي بالتبنّي، وحبي لها هو خيانةٌ لأمي".

وقد أدرك فجأةً أنّ رغبته الملحّة لخيانة زوجته حدثت تماماً عندما كان يزداد قرباً منها، مهدِّدةً ارتباطه المدفون بأمه. كانت خيانته دوماً من أجل إخلاصٍ "أعلى" ولكنه لاشعوري. كان هذا الكشف هو التلميح الأول أيضاً بأنه قد سجّل نوعاً من الارتباط بأمه.

وعندما تساءلتُ بصوت عال ما إذا كان يختبرني كالرجل الذي لفت نظره في الحلم إلى مدى الضرر الّذي ألّم به، انفجر السيد "ل" باكياً للمرة الأولى في حياته الراشدة.

لم يتحسّن السيد "ل" على الفور. كان لا بدّ أن يختبر أولاً دورات من الافتراقات، والأحلام، والاكتئابات، والمعارف العميقة - التكرار المطلوب لإحداث تغيّر لدونة عصبية دائم. لا بدّ من تعلُّم طرق جديدة للربط، ووصل عصبونات جديدة معاً، ونسيان طرق الاستجابة القديمة، وإضعاف روابط عصبونية. ونظراً لأنّ السيد "ل" كان قد ربط فكرة الافتراقات بفكرة الموت، فقد اتصلت الفكرتان معاً في شبكاته العصبونية. وبما أنه الآن أصبح واعياً لهذا الربط، فبإمكانه نسيانه.

لدينا جميعاً آليات دفاع، عبارة عن أنماط تفاعل فعلية، تُخفي أفكار ومشاعر وذكريات مؤلمة إلى حدّ لا يُطاق عن إدراكنا الشعوري. تُعرَف إحدى آليات الدفاع هذه باسم "الفصل"، وهي تُبقي المشاعر أو الأفكار المهدِّدة مفصولة عن

بقيـة الـنفس. بـدأ السيد "ل" أثناء التحليل النفسي يحظى بفرصة لإعادة اختبار ذكـريات سيرته الذاتية المؤلمة المتعلّقة ببحثه عن أمه، وهي ذكريات تجمّدت زمنياً وانفصلت عن ذكرياته الشعورية[36]. وفي كل مرة كان يفعل ذلك، كان يشعر أنه أكثـر تعافياً مع اتّصال المجموعات العصبونية التي تشفّر ذكرياته، والتي كانت قبل ذلك منفصلة.

لاحـظ المحلّلون النفسيون بعد فرويد أنّ بعض المرضى يطوّرون أثناء التحليل النفسي مشاعر قوية تجاه المحلّل. وقد حدث هذا في حالة السيد "ل"، حيث نشأت بيننا مودة معينة وإحساسٌ إيجابـي بالقرب. اعتقد فرويد أنّ مشاعر النقل الإيجابية القـوية هذه أصبحت من ضمن المحرّكات العديدة التي عزّزت العلاج. وبلغة علم الأعـصاب، فإنّ هذه المشاعر يمكن أن تفيد لأنّ العواطف والأنماط التي نُظهرها في العلاقـات هي جزءٌ من جهاز الذاكرة الإجرائية. عندما يتمّ استحثاث أنماط كهذه في العـلاج، فهي تعطي المريض الفرصة لينظر إليها ويغيّرها، لأنّ الروابط الإيجابية، كمـا رأيـنا في الفـصل 4 "اكتساب الأذواق والحب"، تسهّل على ما يبدو تغيّر اللدونـة العصبية باستحثاث النسيان وتبديد الشبكات العصبونية القائمة[37]، بحيث يتمكّن المريض من تغيير نواياه القائمة.

يكتب كاندل: "لم يعد هناك أي شكّ بأنّ العلاج النفسي يمكن أن يسفر عن تغيرات قابلة للكشف في الدماغ"[38]. يُظهر مسح الدماغ المُنجَز قبل وبعد العلاج النفـسي أنّ الـدماغ يعيد تنظيم نفسه بِلدونة أثناء العلاج وأنه كلما كان العلاج ناجحـاً أكثر، كان التغيُّر أكبر. عندما يعيش المرضى صدماتهم من جديد ويختبرون ذكـريات ماضـية سريعة وعواطف لا يمكن السيطرة عليها، يقل تدفّق الدم إلى الفصّين الجبهي وقبل الجبهي[39]، اللذين يساعدان في ضبط سلوكنا، وهو ما يشير إلى أنّ هـاتين المنطقتين قد أصبحتا أقلّ نشاطاً. ووفقاً للمحلّل النفسي العصبـي مـارك سولمز وعالم الأعصاب أوليفر تيرنبول، فإنّ "الهدف من علاج التحدُّث... مـن وجهـة النظر الحيوية العصبية، هو توسيع منطقة التأثير الوظيفية للفصّين قبل الجبهيين"[40].

وفي دراسة أُجريت على مرضى مكتئبين يُعالجون بالعلاج النفسي الشخصي[41] – وهـو علاج قصير الأمد يستند جزئياً إلى العمل النظري لمحلّلَين نفسيَين، هما جون

باولبـــــي وهـــاري ستاك سوليفان – تبيّن أنّ نشاط الدماغ قبل الجبهي قد بلغ مستوىً طبيعياً مع العلاج (الجهاز الجبهي المداري الأيمن، المهمّ جداً في تمييز وضبط العواطف والعلاقات – وهي وظيفةٌ كانت مشوّشة في دماغ السيد "ل" – هو جزءٌ من القشرة قبل الجبهية). وفي دراسة حديثة أُجري فيها مسح دماغ *fMRI* لمرضى قلقـــين مصابين باضطّراب الهلع، وُجِد أنّ ميل أجهزتهم الحوفية لأن تُنشَّط بشكلٍ غير طبيعي لمنبّهات مهدِّدة محتملة قد قلّ بعد خضوعهم لعلاج نفسي تحليلي[42].

عــندما بــدأ السيد "ل" يفهم أعراضه عقب الصدمية، بدأ "يضبط" عواطفه بشكلٍ أفضل. فقد ذكر أنه أصبح أكثر تمالُكاً للنفس خارج جلسات التحليل. أما حالاته الشللية الغامضة فقد قلّت. وعندما كانت تنتابه مشاعر مؤلمة، لم يكن يلجأ لشرب المشروب المفضل كما كان يفعل سابقاً. بدأ السيد "ل" الآن يقلّل احتراسه وقلّ اتّخاذه للمواقف الدفاعية. أصبح يعبِّر عن غضبه بارتياح أكثر عندما يستدعي الأمر، وازداد قرباً من أطفاله، واستخدم جلسات العلاج بازدياد لمواجهة ألمه بدلاً من إيقافه كلياً. كان السيد "ل" يستغرق الآن في فترات صمت طويلة ذات نوعية حازمة للغاية. وأظهر تعبير وجهه أنه كان يختبر ألماً استثنائياً، ويشعر بحزنٍ فظيع لن يناقشه.

نظـــراً لأنّ أحداً لم يتحدّث معه أثناء نشأته عن مشاعره بشأن فقده لأمه، إذ تعاملــت الأسرة مع ألمها بالانهماك في أعمالها الروتينية، ولأنه التزم الصمت لفترة طــويلة، فقد خاطرتُ وحاولتُ أن أعبِّر كلامياً عمّا كان يُظهره لاكلامياً. قلت: "يـــبدو أنك تقول لي، كما أردتَ في ما مضى أن تقول لعائلتك، 'ألا ترون، بعد هذه الخسارة الرهيبة، أني يجب أن أكون مكتئباً الآن؟'"

وانفجـــر باكياً للمرة الثانية في جلسات التحليل. وبدأ لاإرادياً وبحركات إيقاعـــية منـــتظمة يُنتئ لسانه أثناء بكائه، ما جعله يبدو مثل رضيعٍ أُبعِد عنه الثدي وأخذ يُنتئ لسانه لإيجاده. ثمّ غطّى وجهه، ووضع يده في فمه مثل طفلٍ في الثانـــية مـــن عمـــره، وأخـــذ ينشج بصوت عالٍ: "أريد أن أُعزَّى لآلامي وخسارتي، ومع ذلك لا تقترب كثيراً لتعزِّيني. أريد أن أكون وحيداً في بؤسي الكئـــيب. وهو شيء لا يمكنك أن تفهمه لأني أنا نفسي لا أفهمه. إنه فجيعةٌ كبيرةٌ جداً".

وبسماعي لهذا، أصبح كلانا مدركاً أنه غالباً ما اتّخذ موقف "رفض المؤاساة" الذي أسهم في "بُعد" شخصيته. كان يعمل من خلال آلية دفاع ثبتت منذ الطفولة وساعدته على كبح شدة خسارته. وبتكرار هذا الموقف الدفاعي آلاف المرات، فقد تعزَّز على نحوٍ لدن. إنّ السمة الأكثر بروزاً بين سمات شخصيته، ألا وهي بُعده، لم تكن محدّدة وراثياً ولكنها اكتُسِبت على نحو لدن بالتعلُّم، والآن كان يتمّ نسيانها.

قد يبدو غريباً أنّ السيد "ل" بكى وأبرز لسانه مثل طفلٍ رضيع، ولكنها كانت التجربة الأولى ضمن عدة تجارب "طفولية" كان يقوم بها وهو مستلقٍ على الأريكة. لاحظ فرويد أنّ المرضى الذين اختبروا صدمات مبكرة "سينكفئون" (باستخدام مصطلح فرويد) غالباً، في لحظات أساسية، ولا يتذكّرون الذكريات المبكرة فحسب، بل يختبرونها أيضاً بشكلٍ وجيز على نحوٍ طفولي. يبدو هذا مفهوماً تماماً من وجهة نظر اللدونة العصبية. كان السيد "ل" قد تخلّى لتوّه عن آلية دفاع دأب على استخدامها منذ طفولته - إنكار التأثير العاطفي لخسارته - كاشفاً الذكريات والألم العاطفي الذي خبّأته آلية الدفاع. تذكَّرْ أنّ باخ - واي - ريتا وصف شيئاً مماثلاً يحدث في المرضى الخاضعين لإعادة تنظيمٍ دماغي. إذا سُدَّت شبكةٌ دماغية راسخة، فإنّ الشبكات الأقدم الثابتة في مكانها قبل الشبكة الراسخة بزمنٍ طويل، يجب أن تُستخدَم. أسمى باخ - واي - ريتا هذه العملية "كشفَ" الطرق العصبية الأقدم واعتبرها واحدةً من الطرق الرئيسة التي يعيد بها الدماغ تنظيم نفسه. وأنا أعتقد أنّ الانكفاء في جلسات التحليل النفسي، عند مستوىً عصبي، هو مرحلة كشف تسبق غالباً إعادة التنظيم النفسي. وهو ما حصل تالياً مع السيد "ل".

ذكر السيد "ل" في جلسته التالية أنّ حلمه المتكرِّر قد تغيّر. في حلمه الجديد، ذهب السيد "ل" لزيارة منزله القديم، باحثاً عن "مقتنيات لشخصٍ راشد". أشار الحلم إلى أنّ الجزء الذي أُميت منه كان يعود إلى الحياة مجدّداً:

> أنا ذاهبٌ لزيارة منزلٍ قديم. لا أعرف لمن هذا المنزل، ومع ذلك هو لي. أنا أبحث عن شيءٍ؛ ليس ألعاباً الآن بل مقتنيات لشخصٍ راشد. هناك دفء في الجو مع بداية الربيع ونهاية الشتاء. أدخل المنزلَ، وأجد

أنه المنزل الذي وُلِدتُ فيه. كنت أحسب أنّ المنزل خال، ولكنّ زوجتي السابقة - التي شعرتُ أنها كانت أماً صالحة لي - ظهرت من الحجرة الخلفية التي كانت تفيض بالماء. رحّبت بي وكانت مسرورةً لرؤيتي، وشعرتُ بالابتهاج.

كان السيد "ل" يخرج من إحساسه بالعزلة، ومن كونه معزولاً عن الناس وعن أجزاء من نفسه. كان الحلم عن "دفئه الربيعي" العاطفي وعن شخصٍ شبيه بالأمّ متواجد معه في المنزل الذي أمضى فيه طفولته المبكرة. لم يكن المنزل خالياً في النهاية. وتلت أحلامٌ أخرى استعاد فيها ماضيه، وإحساسه بنفسه، وإحساسه بأنه كان لديه أمّ.

وفي أحد الأيام ذكر قصيدةً عن أمٍّ هندية تموت جوعاً أعطت طفلها لقمتها الأخيرة من الطعام قبل أن تموت. لم يستطع أن يفهم لماذا أثّرت فيه القصيدة إلى هذا الحدّ. ثمّ توقّف قليلاً وانفجر منتحباً بصوتٍ يصمّ الآذان: "لقد ضحّت أمي بحياتها من أجلي!" وأخذ ينتحب وجسمه بأكمله يرتعش، ثمّ صمت قبل أن يصيح: "أريد أمي!".

كان السيد "ل"، غير الميّال إلى الهستيريا، يختبر الآن كل الألم العاطفي الذي دفعته آليات دفاعه بعيداً، ويعيش من جديد أفكاره ومشاعره التي كانت لديه كطفل: كان ينكفئ ويكشف شبكات الذاكرة الأقدم، وحتى طرق الحديث. ولكن، مرةً أخرى، كان هذا متبوعاً بإعادة تنظيم نفسية عند مستوىً أعلى.

بعد أن اعترف بإحساسه العظيم لخسارته لأمه، ذهب السيد "ل" لزيارة قبرها للمرة الأولى. كان الأمر كما لو أنّ جزءاً من دماغه تثبّت بالفكرة السحرية بأنها لا تزال حيّة. والآن كان قادراً، في صميم وجوده، على تقبّل فكرة أنها ميّتة.

وفي السنة التالية، وقع السيد "ل" في الحبّ للمرة الأولى في حياته الراشدة. وأصبح أيضاً مُحباً للاستئثار بحبّ حبيبته وعانى من غيرة طبيعية، للمرة الأولى أيضاً. وقد فهم الآن لم كانت النساء تحنقن من تحفّظه وقلة التزامه وشعر بالحزن والذنب. وشعر أيضاً أنه اكتشف جزءاً من نفسه كان مرتبطاً بأمه وفُقد مع موتها. إنّ عثوره على ذلك الجزء منه الذي أحبّ في ما مضى امرأةً أتاح له أن يقع في الحب مرةً أخرى.

ثم رأى حلم تحليله النفسي الأخير:

"رأيت أمي تعزف على البيانو، ثم ذهبت لأحضر أحدهم، وعندما عدت، كانت أمي في تابوت.

وعندما قام بالربط الذهني الحرّ لهذا الحلم، صُعِق السيد "ل" بصورة ذهنية رأى نفسه فيها محمولاً ليرى أمه في تابوتها المفتوح، وهو يحاول الوصول إليها، وقد سحقه إدراكه المفزع الرهيب بأنها لم تكن تستجيب. وانتحب بصوت مرتفع، وحيث شلّه الأسى، فقد تشنّج جسمه بأكمله لعشر دقائق. وعندما هدأ، قال: "أعتقد أنّ هذه كانت ذكرى لأمي قبل دفنها[43]، حيث كانت مُسجاة في تابوت مفتوح".

شعر السيد "ل" أنه أحسن حالاً، كما شعر أنه مختلف. كان في علاقة حب مستقرة مع امرأة، وقد تعمّقت رابطته بأطفاله على نحو ملحوظ، ولم يعد متّسماً بصفة "البُعد". وفي جلسته الأخيرة، ذكر السيد "ل" أنه قد تحدّث إلى واحد من أشقّائه الأكبر سناً، الذي أكّد له وجود تابوت مفتوح في جنازة أمه وأنه – أي السيد "ل" – كان حاضراً. وعندما افترقنا، كان السيد "ل" حزيناً مدركاً لحزنه ولكنه لم يعد مكتئباً أو عاجزاً أمام فكرة الافتراق الدائم. لقد مرّت عشر سنوات منذ أن أنهى السيد "ل" تحليله النفسي، ولا يزال إلى الآن خلواً من اكتئاباته العميقة ويقول أنّ تحليله النفسي قد "غيّر حياتي ومنحني السيطرة عليها".

قد يشكّ العديد منا، بسبب ذاكرتنا الطفولية الخاصة، بأنّ الكبار يستطيعون أن يتذكّروا أحداثاً بعيدة جداً كما فعل السيد "ل" في النهاية. كان هذا الشكّ في ما مضى منتشراً على نطاق واسع بحيث لم يُجرَ أي بحث لاستقصاء الأمر، ولكنّ الدراسات الجديدة تبيّن أنّ الأطفال الرضّع في السنة الأولى والثانية من حياتهم يمكنهم أن يخزّنوا حقائق وأحداثاً، بما فيها الأحداث الصدمية[44]. وفي حين أنّ جهاز الذاكرة الصريحة لا يكون قوياً في السنوات القليلة الأولى، إلا أنّ البحث الذي أجرته كارولين روفي – كوليير وآخرون يُظهر أنه موجود[45]، حتى في الأطفال قبل مرحلة النطق أو في بدايتها. يمكن للأطفال الصغار أن يتذكّروا أحداثاً من السنوات القليلة الأولى من حياتهم إذا تمّ تذكيرهم بها[46]. ويستطيع الأطفال الأكبر سناً أن يتذكروا أحداثاً حصلت قبل تمكّنهم من الكلام، وحالما يتعلّمون

الكـــلام، يـــصبح بإمكـــانهم أن يعبّروا عن هذه الذكريات كلامياً[47]. في بعض الأحـــيان، كـــان الـــسيد "ل" يفعل هذا بالضبط، معبّراً بالكلام للمرة الأولى عن أحـــداث اختـــبرها. وفي أحـــيان أخرى، كان يكشف أحداثاً كانت موجودةً في ذاكرته الصريحة طوال الوقت، مثل **"لقد ضحّت أمي بحياتها من أجلي"**، أو ذكراه بوجـــوده قرب أمه قبل دفنها، وهو ما تحقّق منه بنفسه. وفي أوقات أخرى، كان الـــسيد "ل" "يعـــيد نـــسخ" تجـــارب من جهازه الادّكاري الإجرائي إلى جهازه الادّكاري الصريح. وعلى نحوٍ مثيرٍ للاهتمام، بدأ أنّ حلمه الجوهري[48] قد سجّل معاناته من مشكلة رئيسية في ذاكرته – كان يبحث عن شيء ولكنه لا يستطيع أن يتذكّر ما هو – رغم أنه أحسّ بأنّه كان سيميّزه إذا وجده.

* * *

لمـــاذا تُعتبَـــر الأحـــلام مهمة جداً في التحليل النفسي، وما هي علاقتها بالتغيُّر اللـــدن؟ غالباً ما تلازم المرضى أحلامٌ متكرّرة متعلّقة بصدماتهم ويستفيقون من نومهم مـــرعوبين. إذا بقـــي هـــؤلاء المرضـــى دون علاج، فإنّ هذه الأحلام لا تغيِّر بنيتها الأساســـية. فالـــشبكة العـــصبية التي تمثّل الصدمة – مثل حلم السيد "ل" بأنه أضاع شـــيئاً – يُعاد تنشيطها باستمرار دون أن يُعاد نسخها. وعندما يتحسّن هؤلاء المرضى، فـــإنّ هذه الكوابيس تصبح أقلّ إرعاباً، إلى أن يحلم المريض في النهاية شيئاً مثل **"ظننتُ في البداية أنّ الصدمة تتكرّر، ولكنها ليست كذلك. لقد انتهت الآن. لقد نجوت"**. يُظهـــر هذا النوع من سلسلة الأحلام التدريجية أنّ العقل والدماغ يتغيّران ببطء، بينما يـــتعلّم المريض أنه أصبح آمناً الآن. ومن أجل أن يحدث هذا، لا بدّ للشبكات العصبية أن تنـــسى روابط معيّنة[49] – كما نسي السيد "ل" ربطه بين الافتراق والموت – وأن تغيِّر الاتصالات المشبكية القائمة لتفسح المجال لتعلُّمٍ جديد.

ما الدليل الفيزيائي الموجود بأنّ الأحلام تُظهر أدمغتنا في عملية التغيُّر اللدن، مُعدِّلـــةً ذكريات ذات معنى من الناحية العاطفية، ومدفونةً حتى الآن، كما في حالة السيد "ل"؟

يُظهـــر مـــسح الدماغ الأحدث أننا عندما نحلم، فإنّ ذلك الجزء من الدماغ الذي يعالج العاطفة، وغرائزَنا الجنسية، والبقائية، والعدوانية، يكون نشيطاً تماماً[50]. وفي الـــوقت نفسه، يُظهر جهاز القشرة قبل الجبهية، المسؤول عن تثبيط عواطفنا

وغرائـــزنا، نشاطاً أقلّ. ومع زيادة نشاط الغرائز وقلة نشاط المثبّطات، فإنّ الدماغ الحالم يمكن أن يكشف نبضات تكون عادةً محجوبةً عن الوعي.

يُظهـــر عددٌ كبير من الدراسات أنّ النوم يؤثّر في التغيّر اللدن بإتاحة المجال لنا لتعزيز التعلُّم والذاكرة[51]. عندما نتعلّم مهارةً خلال اليوم، سنكون متقنين لها أكثر في الـــيوم التالي إذا حظينا بقسط وافرٍ من النوم ليلاً[52]. إنّ "إرجاء النظر في مسألة إلى اليوم التالي *sleeping on a problem*" يبدو معقولاً بالفعل في كثيرٍ من الأحيان.

بـــيّن أيضاً فريقٌ بقيادة ماركوس فرانك أنّ النوم يعزّز اللدونة العصبية خلال الفتـــرة الحرجة التي يحدث فيها معظم التغيُّر اللدن[53]. تذكَّرْ أنّ هوبل وويسل قد عصبا عيناً واحدة لهريرة في الفترة الحرجة وأظهرا أنّ خريطة الدماغ للعين المعصوبة قد تمّ تملّكها من قِبَل العين الأخرى، وهي حالة تمثّل مبدأ "استعمله أو اخسره". قام فريق فرانك بإجراء نفس التجربة على مجموعتين من الهريرات، حُرِمت إحداهما من الـــنوم، وحـــصلت الأخـــرى على قسطٍ كامل منه. وجد الفريق أنه كلما نامت الهريرات أكثر، كان التغيّر اللدن في خرائطها الدماغية أكبر.

كمـــا أنّ حالـــة الحلـــم تسهّل أيضاً التغيُّر اللدن. يُقسَم النوم إلى مرحلتين، ومعظم أحلامنا تحدث خلال واحدةٍ منهما تُعرَف بنوم تحرُّك العين السريع، أو نوم *REM*. يقضي الأطفال الرضّع ساعاتٍ أكثر بكثيرٍ في نوم *REM* مما يفعل الراشدون. يحـــدث تغيّر اللدونة العصبية بشكلٍ سريع جداً خلال مرحلة الطفولة المبكرة. قام فـــريقٌ بقيادة جيرالد ماركس بدراسة شبيهة بدراسة فرانك دُرِس فيها تأثيرات نوم *REM* علـــى الهريـــرات وعلى بنية دماغها[54]. وجد ماركس أنّ العصبونات في القشرة البصرية للهريرات التي حُرِمت من نوم *REM* كانت فعلياً أصغر حجماً، ما يشير إلى أنّ نوم *REM* ضروري للنموّ الطبيعي للعصبونات. كما تبيّن أيضاً أنّ نوم *REM* مهـــمٌ بـــصورة خاصة لتعزيز قدرتنا على الاحتفاظ بالذكريات العاطفية[55] ولإتاحة المجال للحُصين (قرن آمون) أن يحوّل ذكريات اليوم السابق القصيرة الأمد إلى أخـــرى طـــويلة الأمد[56] (ما يعني أنه يساعد في جعل الذكريات أكثر دواماً، مؤدّياً بذلك إلى تغيُّر بنيوي في الدماغ).

في كـــل يـــومٍ خلال جلسات التحليل النفسي، اشتغل السيد "ل" على تـــضارباته الجوهرية، وذكرياته، وصدماته، وفي الليل كان يرى حلماً لا يدلّ

فقــط على عواطفه المدفونة، بل أيضاً على تعزيز دماغه للتعلُّم والنسيان الذي قام به.

نحن نفهم الآن لماذا لم يكن لدى السيد "ل"، في بدء جلسات تحليله النفسي، أية ذكريات شعورية للسنوات الأربع الأولى من حياته: كانت معظم ذكرياته لتلك الفتــرة عــبارة عــن ذكريات إجرائية لاشعورية - تتابعات آلية من التفاعلات العاطفــية - أمــا الذكريات الصريحة القليلة التي احتفظ بها، فقد كانت مؤلمة جداً بحــيث إنــه كبحها. وخلال العلاج، اكتسب السيد "ل" وصولاً إلى الذكريات الإجــرائية والــصريحة على حدّ سواء من سنوات حياته الأربع الأولى. ولكن لماذا كان عاجزاً عن تذكّر ذكريات مراهقته؟ هناك احتمالٌ بأنه كبح بعضاً منها. عندما نكــبح حدثاً، مثل فقدان مبكرٍ فاجع، نحن نكبح أحداثاً أخرى مرتبطة به بشكلٍ ضعيف، من أجل منع الوصول إلى الحدث الأصلي.

ولكنّ هناك سبباً محتملاً آخر. اكتُشف مؤخّراً أنّ الصدمة الطفولية المبكرة تُــسبّب تغيُّراً لدناً هائلاً في الحُصين، مُقلّصةً إياه، بحيث إنّ الذكريات الصريحة الجديدة الطويلة الأمد لا يمكن أن تتشكّل. إنّ الحيوانات التي تُفصَل عن أمّهاتها تُطلِق صيحات يائسة، ثم تدخل في حالة "إيقاف" - كما فعل الأطفال الرضّع في دراسة سبيتز - وتُطلِق هرمون إجهاد يُدعَى "الهرمون القشراني السكّري". تقــتل الهرمونات القشرانية السكّرية الخلايا في الحُصين بحيث إنه لا يستطيع أن يــشكّل اتــصالات عصبونية في الشبكات العصبية التي تجعل التعلُّم والذاكرة الصريحة الطويلة الأمد أمراً ممكناً. إنّ هذه الضغوط المبكرة تجعل هذه الحيوانات الفاقــدة لأمهاتها عرضةً لمرضٍ مرتبط بالإجهاد لبقية حياتها[57]. فعندما تخضع لفتــرات افتــراق طــويلة، يتمّ تشغيل الجين الذي يستحثّ إنتاج الهرمونات القشرانية السكّرية ويبقى شغالاً لفترات مطوَّلة[58]. يبدو أنّ الصدمة في مرحلة الطفولة المبكرة تقود إلى تحسيس مفرط - تعديل لدن - لعصبونات الدماغ التي تــنظّم الهرمونات القشرانية السكّرية. يُظهر بحثٌ حديث أُجري على البشر أنّ الناجين الراشدين الذين تعرّضوا لسوء المعاملة في مرحلة الطفولة يُظهرون أيضاً علامــات دالــةً على الحساسية المفرطة للهرمون القشراني السكّري تستمر في مرحلة الرشد[59].

إنّ تقلُّص الحُصين هو اكتشاف لدونة عصبية مهمّ وقد يساعد في تفسير السبب وراء قلّة ذكريات السيد "ل" الخاصة بمرحلة المراهقة. إنّ الاكتئاب، والإجهاد الشديد، والصدمة الطفولية تطلق جميعاً الهرمونات القشرانية السكّرية وتقتل الخلايا في الحُصين، ما يقود إلى فقد الذاكرة[60]. كلما زادت فترة اكتئاب الشخص، أصبح حُصينه أصغر حجماً[61]. إنّ الحصين في الراشدين المكتئبين الذين عانوا من صدمة طفولية قبل البلوغ هو أصغر حجماً بنسبة 18 بالمئة من ذاك في الراشدين المكتئبين الذين لم يعانوا من صدمة طفولية[62] – جانب سلبي للدماغ اللدن: نحن فعلياً نفقد منطقةً قشرية أساسية في استجابة منا للمرض.

إذا كان الإجهاد وجيزاً، فإنّ النقص في حجم الحُصين يكون مؤقتاً. أما إذا استمر الإجهاد لفترة طويلة جداً، فإنّ الضرر دائم[63]. عندما يتعافى الناس من الاكتئاب، تعود ذكرياتهم، ويمكن لحُصينهم، وفقاً للأبحاث، أن ينمو إلى حجمه السابق[64]. والواقع أنّ الحُصين هو إحدى منطقتين تتشكّل بهما عصبونات جديدة من خلايانا الجذعية كجزء من الوظيفة الطبيعية. إذا كان السيد "ل" قد عانى من تلف حُصيني، فقد تعافى منه في أوائل العقد الثالث من عمره عندما بدأ يشكّل ذكرياتٍ صريحة مرةً أخرى.

تعمل أدوية مضادات الاكتئاب على زيادة عدد الخلايا الجذعية التي تصبح عصبونات جديدة في الحُصين. وُجد أنّ الجرذان التي أُعطيت "البروزاك" لمدة ثلاثة أسابيع، قد ازداد عدد خلاياها في الحُصين بنسبة 70 بالمئة[65]. تحتاج مضادات الاكتئاب من ثلاثة إلى ستة أسابيع ليظهر تأثيرها في البشر، وهي نفس الفترة التي تحتاج إليها العصبونات الحديثة الولادة في الحُصين لتنضج، وتمدّ نتوءاتها، وتتّصل بعصبونات أخرى. ولهذا يُحتمَل أننا، دون أن نعلم، نساعد الناس على التخلّص من الاكتئاب باستخدام أدوية تعزّز لدونة الدماغ. وبما أنّ الناس الذين يتحسّنون بالعلاج النفسي يجدون أنّ ذاكرتهم تتحسّن أيضاً، فمن المحتمل أنّ العلاج النفسي يحفّز أيضاً النموّ العصبوني في حُصينهم.

* * *

إنّ التغيّرات الكثيرة التي حقّقها السيد "ل" ربما كانت ستفاجئ فرويد، إذا أخذنا في الاعتبار عمر السيد "ل" عندما خضع للتحليل. استخدم فرويد مصطلح

"اللدونـــة العقلية" ليصف قدرة الناس على التغيّر، وأدرك أنّ قدرة الناس الإجمالية علـــى التغيّر تبدو متفاوتة. لاحظ فرويد أيضاً أنّ "استنفاد اللدونة" يميل لأن يحدث في الـــناس الأكبر سناً، ليجعلهم "غير قابلين للتغيير، وثابتين، وصارمين"[66]. وقد عـــزا هذا إلى "قوة العادة" وكتب: "ومع ذلك، هنالك بعض الناس الذين يحتفظون بهذه اللدونة العقلية إلى ما بعد الحدّ العمري المعتاد[67]، وآخرون يفقدونها قبل الأوان". وقـــد لاحظ أنّ مثل هؤلاء الناس يواجهون صعوبة كبرى في التخلّص من اضطّراباتهم العـــصبية مـــن خلال المعالجة التحليلية النفسية. باستطاعتهم تنشيط الذكريات النقلية *transferences* ولكـــنهم يجـــدون صعوبةً في تغييرها. من المؤكّد أنّ السيد "ل" كانت لديه بنية شخصية ثابتة لأكثر من خمسين عاماً. كيف تمكّن، إذاً، من التغيُّر؟

إجابـــة هـــذا السؤال هي جزءٌ من لغزٍ أكبر أدعوه "التناقض اللدن" وأعتبره واحـــداً مـــن أهمّ الدروس في هذا الكتاب. يعني التناقض اللدن أنّ نفس خواص اللدونة العصبية التي تتيح لنا أن نغيّر أدمغتنا وننتج سلوكاً أكثر مرونة، يمكنها أيضاً أن تتـــيح لـــنا إنتاج سلوك أكثر صلابة. يُولَد كل الناس بإمكانات لدنة. يتطوّر الـــبعض مـــنا إلى أطفـــالٍ مرنين بازدياد ونبقى كذلك خلال حياتنا الراشدة. أما بالنـــسبة إلى الـــبعض الآخَر منا، فإنّ عفوية وفعالية وتقلّب الطفولة تفسح المجال لوجـــود يحكمه الروتين ويكرّر نفس السلوك ويحوّلنا إلى شخصيات كاريكاتورية صـــلبةً. يمكـــن لأي شيء يشتمل على تكرار ثابت - مهننا، ونشاطاتنا الثقافية، ومهاراتـــنا، وعُصاباتنا - أن يؤدّي إلى الصلابة. وبالفعل، لأننا نملك دماغاً متّسماً باللدونـــة العـــصبية، فنحن نستطيع أن نطوّر هذا السلوك الصلب في المقام الأول. وكمـــا توضّـــح استعارة باسكوال - ليون، فإنّ اللدونة العصبية هي مثل ثلج لدن على تلة. عندما نتـــزلق أسفل التلة بمزلجة، يمكننا أن نكون مرنين لأننا نملك خيار اتّخـــاذ طرق مختلفة عبر الثلج اللدن في كل مرة. ولكن إذا اخترنا نفس الطريق في المرة الثانية والثالثة، فإنّ الممرات ستبدأ في التشكُّل، وسرعان ما سنميل لأن نسلك الطـــريق نفسه في كل مرة؛ سيكون طريقنا الآن صلباً تماماً، لأنّ الدوائر الكهربائية العصبية، بمجرّد ترسّخها، تميل لأن تصبح **مكتفية ذاتياً**. ونظراً لأنّ لدونتنا العصبية يمكن أن تسبِّب مرونة عقلية وصلابة عقلية على حدّ سواء، فمن شأننا أن نقلّل من قدر إمكاناتنا الخاصة المتعلّقة بالمرونة، التي يختبرها معظمنا في لمحات فقط.

كان فرويد محقّاً عندما قال إنّ غياب اللدونة مرتبطٌ على ما يبدو بقوة العادة. إنّ العُـــصابات ميالةٌ لأن تكون مُطوَّقةً بقوة العادة لأنها تشتمل على أنماط متكرّرة نحـــن غير مدركين لها، ما يجعل من المستحيل تقريباً عرقلتها وإعادة توجيهها بدون تقنـــيات خاصـــة. ما إن أصبح السيد "ل" قادراً على فهم أسباب عاداته الدفاعية غالـــباً، ونظـــرته لنفسه وللعالم، حتى استطاع أن يستفيد من لدونته الصلبية، على الرغم من كبر سنّه.

عـــندما بـــدأ السيد "ل" بالخضوع للتحليل النفسي، اختبر أمه كشبح لا يستطيع أن يراه، وكوجود حيّ وميّت في الوقت نفسه، وكشخص كان مخلصاً له ولكـــنه لم يكـــن واثقاً أبداً من وجوده. وبقبوله لحقيقة أنها قد ماتت بالفعل، فقد السيد "ل" إحساسه بها كشبح واكتسب بدلاً من ذلك شعوراً بأنه كانت لديه أمٌّ حقيقـــية... إنسانة صالحة، أحبته لآخر لحظة في حياتها. فقط حين تحوّل شبحه إلى سلف محبّ، استطاع السيد "ل" أن يتحرّر ليكوّن علاقة حميمة مع امرأة حية.

يتعلق التحليل النفسي غالباً بتحويل أشباحنا إلى أسلاف، حتى للمرضى الذين لم يسلبهم الموت أحباءهم. غالباً ما تراود مخيّلتنا باستمرار علاقات هامة من الماضي تؤثّر فينا لاشعورياً في الحاضر. ومن خلال التحليل النفسي، تكفّ هذه الذكريات عـــن ملازمتـــنا وتصبح مجرد جزء من ماضينا. نحن نستطيع أن نحوّل أشباحنا إلى أســـلاف لأننا نستطيع أن نحوّل الذّكريات الضمنية - التي لا نكون مدركين غالباً لوجـــودها إلى أن تُثار وتبدو بالتالي أنها داهمتنا فجأة - إلى ذكريات صريحة تملك سياقاً واضحاً يجعل تذكُّرها واختبارها كجزء من الماضي أمراً أسهل.

لا يـــزال هـــ. م.، أشهر حالة في علم النفس العصبـــي، حياً اليوم، في العقد الـــثامن (السبعينات) من عمره، وقد احتُجز عقله في أربعينيات القرن الماضي، في اللحظة السابقة لعمليته الجراحية التي أزيل فيها الحُصينان، وهما البوابتان اللتان لا بدّ للذكريات من المرور عبرهما إذا كان سيُصار إلى حفظها وإلى بلوغ تغيّر لدن طويل الأمد. عاجزاً عن تحويل الذكريات القصيرة الأمد إلى أخرى طويلة الأمد، فإنّ بنية دماغ هـــ. م. وذاكرته، وصورتيه العقلية والجسدية عن نفسه جمدت جميعاً حيث كانـــت قـــبل خضوعه للجراحة. وللأسف أنه لا يستطيع حتى أن يميّز نفسه لدى النظـــر إلـــيها في المرآة. يستمر إريك كاندل، الذي وُلِد تقريباً في نفس الفترة، في

تقصّي الحُصين، ولدونة الذاكرة، وصولاً إلى تعديلات في الجزيئات الفردية. لم يعد السيد "ل"، الذي هو الآن أيضاً في العقد الثامن من عمره، محتجَزاً في ثلاثينيات القرن الماضي لأنه كان قادراً على أن يجلب للشعور أحداثاً حصلت قبل ستين سنة تقريباً، وأن يعيد نسخها، وأن يجدّد خلال ذلك الاتصالات الكهربائية لدماغه اللدن.

10

التجديد

اكتشافُ الخلية الجذعية العصبية ودروسٌ لحفظ أدمغتنا

يـــبدو الدكتور ستانلي كارانسكي ذو التسعين عاماً عاجزاً عن تصديق أنّ حـــياته يجب أن تسترخي لمجرد أنه كبيرٌ في السن. لديه الآن تسعة عشر من الأولاد والأحفـــاد؛ خمـــسة أولاد، وثمانية أحفاد، وستة أولاد أحفاد. ماتت زوجته بعمر الثالـــثة الخمـــسين في العـــام 1995 بعـــد إصابتها بالسرطان، وهو يعيش الآن في كاليفورنيا مع زوجته الثانية هيلين.

وُلِـــد الدكـــتور كارانسكي في العام 1916 في مدينة نيويورك، ودخل كلية الطب في جامعة ديوك، وحصل على زمالته التدريبية في العام 1942. خدم كطبيب في الحرب العالمية الثانية، وكضابط طبـــي في كتيبة المشاة، في المسرح الأوربـــي، لأربـــع سنوات تقريباً، ومن ثمّ انتقل إلى هاواي حيث استقرّ أخيراً. عمل الدكتور كارنسكي كطبيب تخدير إلى أن تقاعد في سنّ السبعين. ولكنّ التقاعد لم يلائمه، ولهـــذا فقد أعاد تدريب نفسه كطبيب عائلة ومارس الطب في عيادة صغيرة لعشر سنوات أخرى إلى أن بلغ الثمانين من العمر.

تحدّثتُ إليه بعد فترةٍ وجيزة من إنهائه سلسلة تمارين الدماغ التي طوّرها فريق ميرزنيتش في مؤسسة *Posit Science*. لم يلحظ الدكتور كارانسكي انحداراً معرفياً، رغم أنه يقول: "كان خطّي جيداً ولكن ليس بقدر ما كان قبلاً". وقد أمِل ببساطة أن يُبقي دماغه لائقاً فكرياً.

بدأ الدكتور كارانسكي برنامج الذاكرة السمعية في آب (أغسطس) من العام 2005، بإدخال قرص مدمج في كمبيوتره، ووجد التمارين "متطوّرة ومسلّية". تطلّبت منه التمارين أن يحدّد إذا كانت الأصوات تتعالى في تردّدها أو تنخفض، وأن يميّز الترتيب الذي سمع به مقاطع لفظية معينة، وأن يعيّن الأصوات المتماثلة، وأن يستمع إلى قصص ويجيب على أسئلة حولها، وكل هذا من أجل زيادة حدّة خرائط الدماغ وتنبيه الآليات التي تنظّم لدونة الدماغ. وقد تدرّب على التمارين لمدة ساعة وربع، لثلاث مرات في الأسبوع، على مدى ثلاثة أشهر.

يقول: "لم ألاحظ أي شيء في الأسابيع الستة الأولى. وفي الأسبوع السابع تقريباً بدأت ألاحظ أني أكثر تيقُّظاً مما كنت قبلاً. وكان بإمكاني أن أقرّ من البرنامج نفسه، ومن الطريقة التي كنت أراقب بها تقدّمي، أنني كنت أفضل في إحراز الإجابات الصحيحة، وشعرت بشعورٍ أفضل تجاه كل شيء. تحسّن أيضاً انتباهي أثناء القيادة خلال النهار والليل على حدّ سواء. وأصبحت أتحدّث إلى الناس أكثر وأصبح الحديث تلقائياً أكثر. وأعتقد أنّ خطّي قد تحسّن في الأسابيع القليلة الأخيرة. عندما أوقّع اسمي، أجد أني أكتبه كما كنت أفعل قبل عشرين عاماً. أخبرتني زوجتي هيلين، 'أظنّ أنك أكثر تيقُّظاً، ونشاطاً، واستجابةً'". ينوي الدكتور كارانسكي أن ينتظر عدداً من الأشهر، قبل أن يعيد إنجاز التمارين مرة أخرى ليبقى لائقاً ذهنياً. ورغم أنّ التمارين مصمّمة للذاكرة السمعية، إلا أنه قد حصل أيضاً على منافع عامة، كما فعل الأطفال الذين تدرّبوا على **فاست فورورد**، لأنها لا تنبّه فقط ذاكرته السمعية، بل أيضاً مراكز الدماغ التي تنظّم اللدونة.

يمارس الدكتور كارانسكي أيضاً تمارين جسدية. يقول: "نؤدّي أنا وزوجتي تمارين عضلية ثلاث مرات في الأسبوع على آلات *CYBEX*، متبوعةً بثلاثين إلى خمس وثلاثين دقيقة من التدريب على دراجة تمرين".

يصف الدكتور كارانسكي نفسه كمثقّف نفسه بنفسه طوال حياته. وهو يقرأ رياضيات جدّية ويحبّ الألعاب، والكلمات المتقاطعة، و"السودوكو".

يقول: "أحبّ قراءة التاريخ. من شأني ان أهتمّ بحقبة تاريخية معينة لأيّ سبب كان، وأشرع في القراءة عنها وأتمعّن فيها لفترة، إلى أن أشعر أني قد تعلّمت ما

يكفي بشأنها ومن ثمّ أنتقل إلى حقبة أخرى". قد يبدو شغف الدكتور كارانسكي بالقــراءة مجــرد هواية، ولكنه في الواقع يبقيه معرّضاً باستمرار للأشياء والمواضيع الجديدة، وهو ما يمنع جهازه المنظّم للّدونة والدوبامين من الضمور.

يصبح كل اهتمامٍ جديد شغفاً آسراً. يقول: "أصبحت مهتماً في علم الفلك قبل خمس سنوات وأصبحتُ فلكياً هاوياً. اشتريت تلسكوباً لأننا كنا نعيش في أريزونا في ذلــك الــوقت، وكانت ظروف الرؤية الطبيعية جيدة للغاية". كما أنه جامع صخور جدّي وقد أمضى الكثير من سني حياته المتقدِّمة زاحفاً في المناجم باحثاً عن عيّنات.

وحين سألته إن كان طول العمر موجوداً في العائلة، أجاب: "لا. توفيت أمي في أواخــر العقد الخامس من عمرها. وتوفي أبــي في العقد السابع. كان يعاني من فرط ضغط الدم".

"كيف كانت صحتك إجمالاً؟".

يــضحك ويقــول: "حسناً، لقد متّ مرة. يجب أن تعذرني لكوني من ذلك الــنوع مــن الأشخاص الذين يحبون أن يُذهلوا الناس. كنت معتاداً على الركض لمــسافات طــويلة، وفي العام 1982، حين كنت في الخامسة والستين من عمري، عانيت من رجفان بُطيني" - اضطّراب في نظم القلب غالباً ما يكون مميتاً - "أثناء ركــضٍ تدريبــي في هونولولو، وقد متّ فعلياً على رصيف المشاة. كان الشاب الــذي كنت أركض معه حكيماً بما يكفي ليحاول إنعاشي ريثما حضرت سيارة الإسعاف بسرعة ونقلتني إلى مستشفى ستراوب". خضع الدكتور كارانسكي بعد ذلــك لجــراحة المجازة. وقد انهمك بفاعلية في علاج إعادة التأهيل وتعافى بسرعة. يقــول: "لم أمارس الركض التنافسي بعد ذلك، ولكني كنت أركض 40 كيلومتراً تقــريباً في الأسبوع بسرعة أقل". ثم أصيب بنوبةٍ قلبية أخرى في العام 2000، حين كان في الثالثة والثمانين من عمره.

الدكــتور كارانسكي اجتماعي ولكن ليس في مجموعات كبيرة. يقول: "لا أذهب عن طيب نفس إلى حفلات الكوكتيل، حيث يجتمع الناس معاً ويتحدّثون. لا أميل إلى ذلك النوع من الأحاديث الجماعية. أفضّل أن أجلس مع أحدهم وأجد موضوع اهتمام مشتركاً وأستكشفه بتعمّق مع ذلك الشخص، أو ربما شخصين أو ثلاثة. وليس محادثة يسألك فيها الشخص الآخر عن أحوالك".

وهـو يقول إنه وزوجته ليسا هاوِيَين للسفر، ولكنّ تلك مسألة رأي. فعندما كـان في الحادية والثمانين من عمره، تعلّم اللغة الروسية ثمّ ذهب على متن سفينةٍ علمية روسية لزيارة أنتاركتيكا.

سألته: "لماذا فعلت ذلك؟".

"لأنها موجودة".

وفي السنوات القليلة الأخيرة، ذهب الدكتور كارانسكي إلى يوكاتان، وإنكلترا، وفرنسا، وسويسرا، وإيطالياً، وأمضى ستة أسابيع في أميركا الجنوبية، وزار ابنته في الإمارات العربية المتحدة، وسافر إلى عمان، وأستراليا، ونيوزيلندا، وتايلاند، وهونغ كونغ.

يبحث الدكتور كارانسكي دوماً عن شيءٍ جديد ليفعله، وما إن ينهمك في شيء، حتى يوجّه كل اهتمامه له - الشرط الضروري للتغيُّر اللدن. يقول: "أنا مستعدّ لأن أركّز انتباهي بشدة على شيء يثير اهتمامي حالياً. ثمّ بعد أن أشعر أني قد وصلت إلى مستوىً أعلى فيه، لا أركّز بنفس القدر على ذلك النشاط، وأبدأ بالاهتمام بشيء آخر".

كما أنّ موقفه الفلسفي يحمي دماغه لأنه لا ينشغل بأمور تافهة - ليس بالأمر البسيط، لأنّ الإجهاد يُطلق الهرمونات القشرانية السكّرية التي يمكنها أن تقتل الخلايا في الحُصين.

أقول: "تبدو أقل قلقاً وتوتّراً من معظم الناس".

"لقد وجدتُ ذلك مفيداً جداً".

"هل أنت شخصٌ متفائل؟".

"ليس كثيراً، ولكني أظنّ أني أفهم ما هي الأحداث العشوائية. تحصل العديد من الأشياء التي يمكنها أن تؤثّر فيّ، والتي هي خارجة عن سيطرتي. لا أستطيع التحكّم بها، ولكني أستطيع أن أتحكّم بردّ فعلي تجاهها. لقد قضيت وقتي قلقاً بشأن أشياء يمكنني أن أسيطر وأؤثّر في نتيجتها، وقد تدبّرت تطوير فلسفة تمكّني من التعامل معها".

في بداية القرن العشرين، قام عالم التشريح العصبي الأبرز الفائز بجائزة نوبل، سانتياغو رومان واي كاجال، الذي وضع الأساس لفهمنا لكيفية تنظيم العصبونات،

بتحويل انتباهه إلى واحدة من أكثر مشاكل تشريح الدماغ البشري تحييراً. فخلافاً لأدمغة الحيوانات، مثل السحالي، بدا الدماغ البشري عاجزاً عن تجديد نفسه بعد تعرّضه لإصابة. ولكن ليست جميع الأعضاء البشرية متّسمةً بمثل هذا العجز. يمكن لجلدنا، عندما يُجرح، أن يُشفي نفسه بإنتاج خلايا جلدية جديدة. ويمكن لعظامنا المكسورة أن ترمّم نفسها. ويمكن لكبدنا أن يرمّم نفسه وكذلك الأمر بالنسبة لبطانتنا المعوية. ويمكن للدم المفقود أن يعيد تجديد نفسه لأنّ الخلايا في نخاعنا العظمي يمكن أن تصبح خلايا دم حمراء أو بيضاء. ولكن بدا أنّ أدمغتنا تمثّل استثناءً مزعجاً. كان معروفاً أنّ الملايين من العصبونات تموت عندما نتقدّم في السنّ. وفي حين أنّ الأعضاء الأخرى تصنع أنسجةً جديدة من خلايا جذعية، إلا أنّ العلماء لم يجدوا أياً من هذه الخلايا في الدماغ. وبالإضافة إلى ذلك، تساءل العلماء، كيف يمكن لعصبون جديد أن يدخل شبكةً عصبونية قائمة معقّدة وأن ينشئ ألف اتصال مشبكي دون أن يسبّب تشوّشاً في تلك الشبكة؟ كان يُفترَض أنّ الدماغ البشري نظامٌ مغلق.

كرّس رامون واي كاجال القسم الأخير من حياته المهنية للبحث عن أية علامة تدلّ على أنّ الدماغ، أو الحبل الشوكي، أو كليهما، يمكن أن يتغيّر، أو يتجدّد، أو يعيد تنظيم بنيته. ولكنه فشل.

وفي تحفته العلمية في العام 1913، **انحلال وتجدّد الجهاز العصبي**، كتب كاجال: "في المراكز الدماغية للراشدين، تكون الطرق العصبية ثابتة، ومنتهية، وغير قابلة للتغيُّر. قد يموت كل شيء، ولا شيء قد يُجدَّد[1]. يقع الأمر على عاتق علم المستقبل لأن يغيّر، إن أمكن، هذا الحكم القاسي".

وتوقّفت الأمور هناك.

* * *

أنا أحدّق في مجهر في واحد من أكثر المختبرات التي زرتها تطوّراً، مختبرات سالك في لا جولا في كاليفورنيا، معايناً خلايا جذعية عصبونية بشرية حية في "إناء بتري" في مختبر فريدريك غيج. اكتشف غيج مع بيتر إريكسون السويدي هذه الخلايا في العام 1998 في الحُصين[2].

تنبض الخلايا الجذعية العصبونية التي أراها بالحياة. تُعرَف هذه الخلايا بالخلايا الجذعية "العصبونية" لأنها يمكن أن تنقسم وتتمايز لتصبح عصبونات أو خلايا دبقية

تـــدعم العصبونات في الدماغ. والخلايا التي أنظر إليها يجب بَعْدُ أن تتمايز إما إلى عصبونات أو دبق عصبـــي، ويجب بَعْدُ أن "تتخصّص"، ولهذا تبدو جميعاً متطابقة. ومـــع ذلك، فإنّ ما تفتقر إليه الخلايا الجذعية في الشخصية، تعوّض عنه في الخلود. فالخلايا الجذعية ليست مضطرة إلى التخصّص ولكنها يمكن أن تستمر في الانقسام لتنتج نسخاً طبق الأصل عن نفسها، ويمكنها أن تستمرّ في فعل ذلك بلا نهاية دون أية علامات على الهرم. ولهذا السبب تُوصَف الخلايا الجذعية غالباً بأنها شابة دوماً، أو بأنهـــا خلايا الدماغ الصغيرة. يُطلق على عملية التجديد هذه اسم "نموّ النسيج العصبـــي"، وهي تستمرّ إلى يوم موتنا[3].

تمّ إغفـــال الخلايا الجذعية العصبونية لفترة طويلة. يرجع سبب ذلك جزئياً إلى أنهـــا كانـــت معاكـــسة للنظرية القائلة بأنّ الدماغ يشبه آلة معقّدة أو جهاز كمبيوتـــر، وأنّ الآلات لا تُنشئ أجزاء جديدة. وعندما اكتُشفت هذه الخلايا في الجـــرذان مـــن قـــبَل جوزيـــف ألتمان وغوبال د. داس في العام 1965 في معهد ماساشيوستس للتكنولوجيا، أنكر الجميع عملهما[4].

ثمّ في ثمانينـــيات القرن الماضي، ذُهِل فرناندو نوتيبوم، وهو اختصاصي في الطيور، بحقيقة أنّ الطيور المغرِّدة تغرِّد أغاريد جديدة في كل فصل. قام نوتيبوم بفحص أدمغتها ووجـــد أنهـــا في كل سنة، وخلال الفصل الذي أكثر ما تغرِّد فيه، تقوم بإنشاء خلايا دماغـــية جديدة في منطقة الدماغ المسؤولة عن تعلّم الأغاريد. وحيث ألهمهم اكتشاف نوتيـــبوم، بدأ العلماء يدرسون الحيوانات الأكثر شبهاً بالإنسان. كانت إليزابيث غولد مـــن جامعة برينستون الأولى في اكتشاف الخلايا الجذعية العصبونية في الرئيسات. ثمّ وجـــد إريكسون وغيج طريقةً بارعة لصبغ خلايا الدماغ بواسم يدعى *BrdU*، الذي يسم العصبونات فقط في اللحظة التي تُشكَّل فيها ويضيء تحت المجهر. طلب إريكسون وغـــيج مـــن مرضى لا شفاء لهم الإذن لحقنهم بالواسم. وعندما توفي هؤلاء المرضى، فحـــص إريكسون وغيج أدمغتهم ووجدا عصبونات صغيرة جديدة مشكّلة حديثاً في حُـــصينهم. وهكـــذا تعلّمنا من هؤلاء المرضى المحتضرين أنّ العصبونات الحية تتشكّل داخلنا حتى اللحظة الأخيرة من حياتنا.

ويـــستمرّ الـــبحث عن خلايا جذعية عصبونية في أجزاء أخرى من الدماغ. حـــتى الآن، وُجدت هذه الخلايا أيضاً فعالةً في البصلة الشمّية (التي تعالج الرائحة)

وهاجعةً وغير فعالة في الحاجز *septum* (الذي يعالج العاطفة)، والمخطّط *striatum* (الذي يعالج الحركة)، والحبل الشوكي. يعمل غيج وآخرون على ابتكار علاجات قد تنشّط الخلايا الجذعية الهاجعة بعقاقير وتكون مفيدة إذا عانت منطقةٌ، تكون فيها هذه الخلايا هاجعة، من تلف. وهم يحاولون أيضاً أن يكتشفوا ما إذا كانت الخلايا الجذعية قابلةً للازدراع في مناطق دماغية مصابة، أو حتى إذا كان من الممكن استحثاثها لتتحرك إلى تلك المناطق.

من أجل اكتشاف ما إذا كان نموّ النسيج العصبي يمكن أن يقوّي المقدرة العقلية، شرع فريق غيج في العمل لفهم كيف يمكن زيادة إنتاج الخلايا الجذعية العصبونية. قام زميل غيج، غيرد كمبرمان، بتربية فئران هرمة لمدة خمسة وأربعين يوماً في بيئات غنية بألعاب الفئران مثل الكرات، والأنابيب، والدواليب الدوّارة. وعندما ضحّى كمبرمان بالفئران وفحص أدمغتها، وجد أنّ حجم الحُصين لديها قد زاد بنسبة 15 بالمئة، وأنّ عدد العصبونات قد زاد أيضاً بالنسبة نفسها، حيث تشكّل أربعون ألف عصبون جديد[5]، مقارنةً بالفئران التي تربّت في أقفاص قياسية.

تعيش الفئران حتى عمر السنتين تقريباً. عندما اختبر الفريق فئراناً أكبر سناً تربّت في البيئة المُغناة لعشرة أشهر في النصف الثاني من حياتها، تضاعف عدد العصبونات في الحُصين خمس مرات[6]. وأحرزت هذه الفئران نتائج أفضل في اختبارات التعلّم، والاستكشاف، والحركة وغيرها من مقاييس ذكاء الفأر، مقارنةً بتلك التي تربّت في بيئات غير مُغناة. طوّرت هذه الفئرن عصبونات جديدة، رغم أنها لم تفعل ذلك بنفس سرعة الفئران الأصغر سناً، ما يثبت أنّ الإغناء الطويل الأمد له تأثيرٌ هائل على تشجيع نموّ النسيج العصبي في الدماغ الهرم.

درس الفريق بعد ذلك النشاطات التي تسبِّب زيادة الخلايا في الفئران، ووجد أنّ هناك طريقتين لزيادة العدد الكلي للعصبونات في الدماغ: بإنشاء عصبونات جديدة، وبتمديد حياة العصبونات الموجودة.

أظهرت زميلة غيج، هنرييت فان براغ، أنّ المساهِم الأكثر فاعليةً في زيادة عدد العصبونات "الجديدة" هو الدولاب الدوّار. فبعد شهر من لعبها على الدولاب، ضاعفت الفئران عدد العصبونات الجديدة في الحُصين[7]. أخبرني غيج أنّ

الفئـــران لا تركض فعلياً على الدولاب الدوّار. ولكنها تبدو فقط أنها تفعل ذلك، لأنّ الدولاب لا يزوّد إلا بمقاومةٍ قليلة جداً. هي تمشي بسرعة بدلاً من أن تركض.

يخمّـــن غيج أنّ المشي السريع الطويل الأمد، في وضعٍ طبيعي، سيأخذ الحيوان إلى بيـــئة جديـــدة مخـــتلفة سوف تتطلّب تعلُّماً جديداً، مستحثّاً بذلك ما يسمّيه "التكاثر التوقُّعي".

يقول غيج: "إذا عشنا في هذه الغرفة فقط، وكانت هذه هي تجربتنا بأكملها، فلن نحتاج إلى نموّ النسيج العصبـــي. سنعرف كل شيء عن هذه البيئة ويمكننا أن نعمل بكل المعرفة الأساسية التي لدينا".

هـــذه النظرية القائلة بأنّ البيئات الجديدة قد تستحثّ نموّ النسيج العصبـــي تتساوق مع اكتشاف ميرزنيتش بأننا إذا أردنا أن نُبقي دماغنا لائقاً فكرياً، فلا بدّ لنا من أن نتعلّم شيئاً جديداً بدلاً من مجرد إعادة تشغيل مهارات نتقنها بالفعل.

ولكـــن كمـــا قلـــنا، يوجد طريقةٌ ثانية لزيادة عدد العصبونات في الحُصين: بـــتمديد حياة العصبونات الموجودة بالفعل. بدراسة الفئران، وجد الفريق أنّ تعلُّم كيفـــية اســـتخدام الألعـــاب الأخرى، والكرات، والأنابيب، لم ينشئ عصبونات جديـــدة، ولكـــنه تـــسبّب بالفعل في حياة أطول للعصبونات الجديدة في المنطقة. وجـــدت إليـــزابيث غـــولد أيضاً أنّ التعلّم، حتى في البيئات غير المُغناة، يعزّز بقاء الخلايـــا الجذعـــية. وبالـــتالي فإنّ التمرين الجسدي والتعلُّم يعملان معاً بطريقتين مُتتامّتين: الأولى لتكوين خلايا جذعية جديدة، والثانية لإطالة بقائها.

* * *

رغم أنّ اكتشاف الخلايا الجذعية العصبونية كان بالغ الأهمية، إلا أنه واحدٌ فقـــط مـــن الطرق التي يمكن بها للدماغ الهرم أن يتجدّد ويحسِّن نفسه. وعلى نحوٍ متناقض، فإنّ خسارة العصبونات يمكن أحياناً أن تحسّن وظيفة الدماغ، كما يحدث في "التقليم *pruning back*" الهائل الذي يحصل خلال المراهقة حين تموت الاتصالات المشبكية والعصبونات التي لم يتمّ استخدامها على نطاقٍ واسع، وهي الحالة الأكثر درامـــية، ربما، من مبدأ "استعمله أو اخسره". إنّ إبقاءً العصبونات غير المستخدمة مـــزوّدة بالدم، والأكسجين، والطاقة يُعتبَر إسرافاً، والتخلّص من هذه العصبونات يُبقي الدماغ أكثر تركيزاً وكفاءةً.

إنّ استمرار نموّ النسيج العصبي في سنّ متقدّمة لا يعني أنّ أدمغتنا، مثل أعضائنا الأخرى، لا تنحدر تدريجياً. ولكن حتى في خضمّ هذا التدهور، يخضع الدماغ لإعادة تنظيم لدنة هائلة، ربما من أجل التعويض عمّا خسره الدماغ. أظهر الباحثان ميلاني سبرينغر وشيريل غرادي من جامعة تورنتو أنّ من شأننا، مع تقدّمنا في السن، أن نؤدّي النشاطات المعرفية في فصوص في الدماغ تختلف عن تلك التي نستخدمها عندما نكون شباباً[8]. عندما قام الخاضعون لتجربة سبرينغر وغرادي، وهم شبابٌ تتراوح أعمارهم بين الرابعة عشرة والثلاثين، بتنوّع من الاختبارات المعرفية، أظهر مسح الدماغ أنهم قد أدّوها بشكلٍ رئيسي في فصوصهم الصدغية، على جانبي الرأس، وأنهم كلما كانوا أكثر تعليماً، استخدموا تلك الفصوص أكثر.

أما الخاضعون للتجربة الذين تجاوزوا الخامسة والستين من العمر، فقد أظهروا نمطاً مختلفاً. أظهر مسح الدماغ أنهم قد أدّوا نفس المهام المعرفية في فصوصهم الجبهية بشكلٍ رئيسي، وأنّ استخدامهم لتلك الفصوص ازداد بازدياد تعليمهم.

إنّ هذا التحويل ضمن الدماغ هو علامةٌ أخرى على اللدونة. لا أحد يعرف على وجه التأكيد لِمَ يحدث هذا التحويل، أو لماذا تقترح العديد جداً من الدراسات أنّ الناس ذوي التعليم الأكثر محميّون على نحوٍ أفضل من الانحدار العقلي. النظرية الأكثر شهرة هي أنّ سنوات التعليم تنشئ "احتياطاً معرفياً" – العديد من الشبكات الإضافية المكرّسة للنشاط العقلي – التي يمكننا الاعتماد عليها عندما تبدأ أدمغتنا في الانحدار.

تحدث إعادة تنظيم رئيسية أخرى للدماغ عندما نتقدّم في السنّ. كما رأينا، فإنّ العديد من النشاطات الدماغية "تحدث على أحد جانبي الدماغ *lateralized*". معظم الكلام، مثلاً، هو وظيفةٌ لنصف الكرة الدماغية الأيسر، بينما المعالجة البصرية-المكانية هي وظيفة لنصف الكرة الدماغية الأيمن، وهي ظاهرةٌ تُدعَى "اللاتماثل نصف الكروي *hemispheric asymmetry*". ولكن يُظهر بحثٌ حديث أجراه روبرتو كابيزا وآخرون من جامعة ديوك أنّ بعض "الجانبية *lateralization*" يُفقَد مع التقدّم في السن. فالنشاطات قبل الجبهية التي كانت تحدث في واحدٍ من نصفَي الكرة الدماغية، تحدث الآن في كليهما. وفي حين أننا لا نعرف على وجهٍ

التأكـــيد سبب حدوث ذلك، إلا أنّ إحدى النظريات المفسِّرة هي أننا عندما نكبر ويـــصبح أحـــد نصفَي الدماغ أقلّ فاعلية، فإنّ النصف الآخر يعوّض عنه[9] - ما يقترح أنّ الدماغ يعيد تنظيم نفسه في استجابة منه لضعفه الخاص.

نحـــن نعـــرف الآن أنّ التمرين والنشاط العقلي في الحيوانات ينتجان خلايا دماغـــية جديـــدة ويطيلان بقاءها، ولدينا دراسات عديدة تؤكّد أنّ الناس الذين يعيـــشون حـــياة ناشطة عقلياً لديهم وظيفةٌ دماغية أفضل. كلما زاد تعليمنا، زاد نـــشاطنا الجـــسدي والاجتماعي، وزاد اشتراكنا في النشاطات المحفِّزة عقلياً، وقلّ احتمال إصابتنا بداء ألزهايمر أو الخرف[10].

ليست جميع النشاطات متساوية في ما يتعلّق بهذا الشأن. فالنشاطات المشتملة على تركيزٍ حقيقي - دراسة آلة موسيقية، أو لعب الشطرنج وما شابه، أو القراءة، أو الرقص - ترتبط مع خطرٍ أقل للإصابة بالخرف[11]. يُعتبَر الرقص، الذي يتطلّب تعلّـــم حـــركات جديدة، محفِّزاً جسدياً وعقلياً على حد سواء ويتطلّب الكثير من التركيـــز. أما النشاطات الأقل تركيزاً مثل البولنغ، والاعتناء بالأطفال أثناء غياب ذويهم، ولعب الغولف، فلا ترتبط مع خطرٍ أقل للإصابة بداء ألزهايمر.

هـــذه الدراسات موحية ولكنها تقصُر عن إثبات أننا نستطيع أن نقي أنفسنا من الإصـــابة بداء ألزهايمر من خلال التمارين العقلية. ترتبط هذه النشاطات أو تتلازم مع خطـــرٍ أقـــل للإصابة بداء ألزهايمر، ولكنّ التلازم لا يُثبت السببيّة. من الممكن أن يبدأ الـــناس الذين هم في مرحلة مبكرة جداً ولكن غير مُكتشَفة من داء ألزهايمر في الإبطاء باكـــراً في حياتهم ويصبحون بالتالي أقلّ نشاطاً[12]. إنّ أكثر ما نستطيع قوله حالياً عن العلاقة بين تمارين الدماغ وداء ألزهايمر هو أنها تبدو مبشّرة جداً بالخير.

ولكـــن كما أظهر عمل ميرزنيتش، فإنّ فقدان الذاكرة المرتبط بالعمر، وهو انحـــدارٌ نموذجـــي في الذاكرة يحدث في سنّ متقدّمة، ويُخلَط غالباً بينه وبين داء ألزهايمـــر، يـــبدو قـــابلاً للعكس بشكلٍ مؤكّد تقريباً من خلال التمارين العقلية الملائمـــة. ورغـــم أنّ الدكتور كارانسكي لم يشكُ من انحدارٍ معرفي عام، إلا أنه اختـــبر بالفعـــل بعـــض "لحظات الكِبَر" التي كانت جزءاً من فقد الذاكرة المرتبط بالعمـــر، وقـــد أظهرت الفوائد التي حصل عليها من التمارين أنه كان يعاني من اختلالات معرفية أخرى قابلة للعكس لم يكن مدركاً لها.

تبـيّن أنّ الدكتور كارنسكي كان يقوم بكل الأشياء الصحيحة لمقاومة فقد الذاكـرة المـرتبط بالعمر، ما جعله نموذجاً مثالياً للممارسات المألوفة التي يجدر بنا جميعاً أن ننهمك فيها[13].

إنّ النشاط الجسدي ليس مفيداً فقط لأنه يُنشئ عصبونات جديدة، بل أيضاً لأنّ العقل مقرّه الدماغ، والدماغ بحاجة إلى الأكسجين. إنّ المشي، أو ركوب الدراجة، أو التمارين القلبية الوعائية تقوّي القلبَ والأوعية الدموية التي تزوّد الدماغ بالدم وتساعد الـناس الذين يمارسون هذه النشاطات على الإحساس بأنهم أكثر حدة ذهنية، وهو ما أشـار إليه الفيلسوف الروماني سنيكا قبل ألفَي سنة. تُظهر الأبحاث الحديثة أنّ التمارين الجسدية تحفّز إنتاج وإطلاق عامل النموّ العصبوني *BDNF* الذي يلعب دوراً حاسماً في إحداث تغيّر لدن[14]، وهو ما أشرنا إليه في الفصل 3، "إعادة تصميم الدماغ". والواقع أنّ كـل مـا يُبقي القلب والأوعية الدموية في حالة لائقة يُنشّط الدماغ، بما في ذلك الـنظام الغذائي الصحي. إنّ التدريب الرياضي القاسي ليس ضرورياً، بل يكفي القيام بحركات للأطراف تكون طبيعية ومتساوقة. وكما اكتشف فان براغ وغيج، فإنّ مجرّد المشي بسرعة جيدة يحفّز نموّ عصبونات جديدة.

تحفّز التمارين الرياضية القشرتين الحسّية والحركية وتحافظ على جهاز التوازن لـدماغك. تـبدأ هذه الوظائف في التدهور مع تقدّمنا في السن، ما يجعلنا عرضةً للوقوع والتزام المنـزل. لا شيء يسرّع ضمور الدماغ أكثر من البقاء دون حركة في المكان نفسه: تُضعف الرتابة الدوبامين وأجهزتنا الانتباهية التي تلعب دوراً حاسماً في المحافظة على لدونة الدماغ. إنّ النشاط الجسدي الغني معرفياً مثل تعلّم رقصات جديدة سيساعد على الأرجح في إبعاد مشاكل التوازن وفي إبقائنا اجتماعيين، وهو ما يحفظ صحة الدماغ[15]. يتطلّب رقص "التاي تشي" تركيزاً شديداً على الحركات ويحفّز جهاز التوازن للدماغ. كما أنّ له وجهاً تأمّلياً ثبت أنه فعالٌ جداً في خفض الإجهاد وبالتالي حفظ الذاكرة والعصبونات الحصينية[16].

إنّ الاسـتمرار في تعلّم أشياء جديدة، كما يفعل الدكتور كارنسكي، يلعب دوراً في بقـاء المـرء سعيداً ومعافىً في سنّ متقدّمة، وذلك وفقاً للدكتور جورج فـيلانت، وهـو طبيب نفسي في جامعة هارفارد يرأس أكبر وأطول دراسة جارية لـدورة الحـياة البشرية،وهي **دراسة هارفاد لتطوّر الراشدين**[17]. درس الدكتور

فيلانت 824 شخصاً من أواخر سنوات مراهقتهم حتى سنّ متقدّمة، وقد اختارهم مـــن ثلاث مجموعات: خريجي هارفارد، وسكان بوسطن الفقراء، ونساء بمعدلات ذكاء IQ مرتفعة جداً. وقد تمّت متابعة بعض هؤلاء الناس، الذين هم الآن في العقد التاسع من العمر، لأكثر من ستة عقود. استنتج فيلانت أنّ الشيخوخة ليست مجرد عملية انحدار وانحلال، كما يظنّ الكثير من الناس الأصغر سناً. يطوّر المسنّون غالباً مهـــارات جديـــدة وهـــم غالباً أكثر حكمة وتكيُّفاً اجتماعياً مما كانوا كراشدين أصـــغر. والواقع أنّ هؤلاء المسنين هم أقلّ عرضة للاكتئاب من الناس الأصغر سناً ولا يعانون غالباً من أمراض معجِّزة إلى أن يصابوا بمرض الموت.

مـــن المـــؤكّد أنّ النـــشاطات العقلية المنطوية على تحدٍّ ستزيد احتمال بقاء عـــصبوناتنا الحُصينية. تتمثّل إحدى المقاربات في استخدام تمارين دماغية مُختبَرة، مـــثل تلـــك التي طوّرها ميرزنيتش. ولكنّ الحياة ليست فقط لممارسة التمارين بل للعـــيْش أيـــضاً، ولهذا من الأفضل أن يختار الناس أيضاً فعل شيء طالما أرادوا أن يفعلـــوه، لأنهـــم سيكونون مُحفّزين للغاية. حصلت ماري فاسانو في عمر التاسعة والثمانين على درجة البكالوريوس من جامعة هارفارد. قد نفكّر: "لأجل ماذا؟ من أخـــدع هـــنا؟ أنا في نهاية الطريق". ولكنّ ذلك التفكير هو تكهن حقيقي يسرّع الانحدار العقلي للدماغ الذي يتبع مبدأ "استعمله أو اخسره".

حـــين كان في التسعين من عمره، صمّم المهندس المعماري فرانك لويد رايت مـــتحف غوغنهـــيم. وفي الثامـــنة والسبعين من عمره، اخترع بنجامين فرانكلين النظارات المزدوجة البؤرة. وجد هـــ.س. ليمان ودين كيث سيمونتون في دراسة لهمـــا حول الإبداع أنه على الرغم من أنّ الأعمار بين الخامسة والثلاثين والخامسة والخمـــسين تمـــثّل ذروة الإبداع في جميع الحقول، إلا أنّ الناس في العقدَين السابع والـــثامن من العمر، رغم أنهم يعملون بسرعةٍ أقلّ، يكونون منتجين بقدر ما كانوا في العقد الثالث من العمر[18].

عـــندما كـــان بابلو كاسالس، عازف الفيولونسيل، في الحادية والتسعين من العمـــر، اقترب منه طالبٌ وسأله: "أستاذ، كيف تستمر في مزاولة عملك؟" أجاب كاسالس: "لأني أحرز تقدّماً"[19].

11

أكثر من مجموع أجزائها

امرأةٌ تُبيِّن لنا مدى لدونة الدماغ

إنّ المـــرأة التي تتحدّث معي على الجانب الآخر من الطاولة وُلِدت بنصف دمـــاغ فقط. حدث شيءٌ فاجع حين كانت جنيناً في رحم أمها، ولكن لا يعرف أحـــدٌ على وجه التأكيد ما هو. لم تكن سكتة دماغية، لأنّ السكتة الدماغية تدمّر النـــسيج السليم، ونصف الدماغ الأيسر لميشيل ماك لم يكن متلفاً، ولكنه فقط لم يـــتطوّر أبداً. خمّن أطباؤها بأنّ شريانها السباتي الأيسر، الذي يزوّد نصف الدماغ الأيسر بالدم، ربما سُدّ عندما كانت ميشيل لا تزال جنيناً، مانعاً نصف الدماغ ذاك من التشكُّل. خضعت ميشيل لدى ولادتها للاختبارات العادية وأخبر الأطباء أمها، كـــارول، بأنهـــا أنجبت طفلةً طبيعية. وحتى اليوم، من غير المحتمل أن يخمّن طبيب أعـــصاب، بدون أن يُجري مسحاً للدماغ، أنّ ميشيل تعيش بنصف دماغٍ فقط. وأجـــد نفسي أتساءل: كم من الناس عاشوا حياتهم بنصف دماغ، دون أن يعرفوا هم، أو الآخرون، بذلك.

أنـــا أزور ميشيل لأكتشف مدى التغيّر العصبـــي اللدن الممكن في إنسان خضع دماغـــه لتحدٍّ كذاك، ولكنّ التمركزية اللاعملية التي تفترض أنّ كل نصفٍ من الدماغ قـــد أُحكمت دوائره الكهربائية جينياً ليكون له وظائفه المتخصصة، تصبحُ هي نفسها مـــثاراً للشَكّ إذا كانت ميشيل تستطيع أن تعمل بنصفٍ واحد فقط. من الصعب أن نتخيّل توضيحاً أفضل أو اختباراً أعظم بالفعل للّدونة العصبيّة البشرية.

رغم أنّ ميشيل ليس لديها إلا نصف دماغٍ فقط، إلا أنها ليست إنسانةً يائسة بالكاد تعيش حياتها معتمدةً على الدعم. هي في التاسعة والعشرين من العمر، تحدّق عيناها الزرقاوان من خلال نظارة سميكة، وترتدي جينزاً أزرق، وتنام في غرفة نوم زرقاء، وتتحدّث بشكلٍ طبيعي إلى حدّ ما. وهي تعمل بوظيفة بدوام جزئي، وتقرأ، وتستمتع بمشاهدة الأفلام وتحبّ عائلتها. وهي تستطيع القيام بكل ذلك لأنّ نصف دماغها الأيمن اضطّلع بمهام النصف الأيسر، وانتقلت الوظائف العقلية الأساسية مثل الكلام واللغة إليه. يوضّح تطوّرها أنّ اللدونة العصبية ليست ظاهرةً ثانوية تعمل هامشياً. لقد أتاحت لها أن تبلغ إعادة تنظيم هائلة للدماغ.

إنّ النصف الدماغي الأيمن لميشيل ليس مضطّراً لأن يضطّلع بالوظائف الأساسية للنصف الأيسر فحسب، بل عليه أيضاً أن يقتصد في ما يتعلق بوظائفه "الخاصة". في الدماغ الطبيعي، يساعد كل نصفٍ في تنقيح تطوّر النصف الآخر بإرسال إشارات كهربائية تُعلِم شريكه بنشاطاته، بحيث إنّ الاثنين سيعملان بشكلٍ منسَّق. أما في ميشيل، فإن نصف الدماغ الأيمن كان مضطّراً لأن يتطوّر بدون مُدخلات من النصف الأيسر وأن يتعلّم أن يعيش ويعمل معتمداً على نفسه.

تملك ميشيل بعض المهارات الحسابية الاستثنائية التي تستعملها بسرعة البرق. كما أنّ لديها أيضاً حاجات خاصة وعجزاً. هي لا تحبّ السفر وتتوه بسهولة إذا كان المحيط غير مألوف. وتواجه صعوبة في فهم أنواع معينة من التفكير المجرّد. ولكنّ حياتها الداخلية تنبض بالحيوية، وهي تقرأ وتصلّي وتحب. تتحدّث ميشيل بشكلٍ طبيعي، إلا عندما تكون مُحبَطة. وهي تتابع الأخبار ومباريات كرة السلة وتصوّت في الانتخابات. توضّح حياتها بأنّ الكلّ هو أكثر من مجموع أجزائه وأنّ نصف دماغ لا يعني نصف عقل.

* * *

قبل مئة وأربعين سنة تقريباً، أسّس باول بروكا عصر التمركزية قائلاً إنّ "المرء يتكلّم بنصف الدماغ الأيسر"، وهو لم يبتدئ التمركزية فحسب، بل أيضاً النظرية المرتبطة بها المعروفة باسم "الجانبية *laterality*"، والتي استكشفت الفرق بين نصفَي دماغنا الأيمن والأيسر. صار يُنظَر إلى النصف الأيسر على أنه يمثّل الحقل اللفظي، حيث تحدث النشاطات الرمزية مثل اللغة والحسابات الرياضية. أما

النصف الأيمن فيشتمل على العديد من وظائفنا "غير اللفظية" بما في ذلك النشاطات البصرية - المكانية (كما عندما ننظر إلى خريطة أو نجول في المكان)، والنشاطات الأكثر "تخيّلية" و"فنية".

تذكّرنا تجربة ميشيل بمدى جهلنا بشأن بعض أوجه الدماغ البشري الأكثر أساسيةً. ماذا يحدث عندما تضطرّ وظائف كلا النصفين إلى التنافس من أجل نفس الحيّز؟ وماذا سيحدث إذا كان لا بدّ من التضحية بأي شيء؟ وما مدى الحاجة إلى الدماغ من أجل البقاء؟ وكم نحتاج من دماغنا إلى تطوير الذكاء، والعاطفة، والذوق الشخصي، والتوق الروحي، وحدّة الذهن؟ وإذا كنا نستطيع أن نبقى ونعيش بدون نصف نسيجنا الدماغي، فلماذا هو موجود أساساً؟

أنا في غرفة معيشة عائلة ميشيل، في منزلهم في فيرجينيا، أنظر إلى فيلم تصوير الرنين المغنطيسي *MRI* الذي يوضّح التركيب البنيوي لدماغها. أستطيع أن أرى على اليمين التلافيف الرمادية للنصف الأيمن الطبيعي. أما على اليسار، فباستثناء شبه جزيرة رقيقة معاندة من نسيج الدماغ الرمادي - القدر الضئيل الذي نما من نصف الدماغ الأيسر - فليس هناك سوى السواد العميق الذي يشير إلى الفراغ. لم تنظر ميشيل أبداً إلى الفيلم.

تدعو ميشيل هذا الفراغ "كُيَيْسي *my cyst*"، وعندما تتحدّث عنه، يبدو كما لو أنه أصبح جوهرياً بالنسبة إليها... شخصية مفزعة في فيلم خيال علمي. وبالفعل، فإنّ التحديق في مسح الدماغ لميشيل هو تجربة مفزعة. عندما أنظر إلى ميشيل، أنا أرى كامل وجهها، وعينيها وابتسامتها، ولا يسعني إلا أن أُسقط ذلك التماثل خلفاً على الدماغ. ولكنّ مسح الدماغ لميشيل يجعلك تنتبه للحقيقة الموحشة.

يُظهر جسم ميشيل بالفعل بعض العلامات الدالّة على فقدها للنصف الأيسر من الدماغ. فرسغها الأيمن مثنيّ وملتوٍ بعض الشيء، ولكنها تستطيع استخدامه، رغم أنّ جميع التعليمات تقريباً للجانب الأيمن من الجسم تصدر عادةً من نصف الدماغ الأيسر. يُحتمَل أنها قد طوّرت جديلة رقيقةً جداً من الألياف العصبية تمتد من نصف دماغها الأيمن إلى يدها اليمنى. أما يدها اليسرى فطبيعية، وهي تكتب بيسراها عادةً. وهناك رباطٌ يدعَم رِجلها اليمنى عندما تمشي.

أظهـــر التمركزيون أنّ كل شيء نراه على يميننا - "حقلنا البصري الأيمن" - يُعـــالَج في جانـــب الدماغ الأيسر. ولكن نظراً لأنّ ميشيل لا تملك نصف دماغ أيسر، فهي تواجه صعوبةً في رؤية الأشياء على يمينها وهي عمياء في الحقل البصري الأيمـــن. اعتاد أشقاؤها أن يسرقوا بطاطتها المقلية من جانبها الأيمن، ولكنها كانت تمـــسك بهـــا لأنّ ما تفتقر إليه في البصر، تعوّض عنه بسمعها الممتاز. تملك ميشيل سَـــمَعاً حـــاداً جداً بحيث إنها تستطيع أن تسمع والديها يتحدّثان في المطبخ عندما تكـــون في الطابـــق العلوي في الطرف الآخر من المنـــزل. إنّ تطوّر السمع المفرط هـــذا، الشائع جداً في الأشخاص المصابين بعمىً كلي، هو علامةٌ أخرى على قدرة الـــدماغ علـــى التكيّف مع حالة مُغيَّرة. ولكنّ هذه الحساسية لها ثمن. ففي زحمة الـــسير، تضع ميشيل يديها على أذنيها لتتجنّب العبء الحسّي الناشئ عن أصوات أبواق السيارات المرتفعة. وفي الكنيسة، تهرب ميشيل من أصوات الآلات الموسيقية المرتفعة بالانسلال خلسة خارج الكنيسة. أما تمارين النجاة من الحرائق في المدرسة فتخيفها بسبب الضجة والإرباك.

كمـــا أنّ ميـــشيل مفـــرطة الحساسية للّمس. تقوم كارول (أمها) بنـــزع اللـــصيقات عـــن ثيابها كي لا تشعر بها. يبدو الأمر كما لو أنّ دماغها يفتقر إلى مـــصفاة لتجنُّب الإحساس الزائد، ولهذا فإنّ أمها، كارول، غالباً ما تقوم بوظيفة "المصفاة" لابنتها، وتحميها. إذا كان لميشيل نصفٌ دماغي ثان، فهو أمها.

تقـــول كارول: "**لم يكن من المفترض أبداً** أن أنجب أطفالاً، ولهذا فقد تبنّينا طفلـــين"، هما بيل وشارون. وكما يحدث غالباً، وجدت كارول نفسها بعد ذلك حـــاملاً، وأنجبت ابنها ستيف بصحة جيدة. أرادت كارول وزوجها، والي، المزيد من الأطفال، ولكنها واجهت صعوبةً في الحمل مجدّداً.

وفي أحـــد الأيـــام، شـــعرت كارول بما بدا أنه نوبةٌ من الغثيان الصباحي، وخـــضعت لاختـــبار حمـــل جاءت نتيجته سلبية. وحيث لم تكن واثقةً تماماً من النتـــيجة، فقـــد خضعت لمزيد من الاختبارات، كانت نتيجتها غريبة في كل مرة. يـــشير تغيُّـــر لون شريط الاختبار ضمن دقيقتين إلى وجود حمل. ولكن في حالة كارول، أعطت جميع الاختبارات نتيجةً سلبية حتى الدقيقتين وعشر ثوانٍ، ومن ثم أصبحت إيجابية.

وفي أثناء ذلك، كانت كارول تختبر نزيفاً متقطّعاً وبقع دم. أخبرتني: "عدت إلى الطبيب بعد ثلاثة أسابيع من خضوعي لاختبارات الحمل، وقد قال لي: 'لا يهمّني ما أظهرته الاختبارات، أنت حامل في شهرك الثالث'. لم نفكّر في أي شيء في حينها. ولكني كنت مقتنعةً في ما بعد أنه بسبب التلف الذي أصاب دماغ ميشيل في الرحم، فقد كان جسمي يحاول إسقاطها. ولكنّ ذلك لم يحدث".

قالت ميشيل: "الحمد لله أنه لم يحدث!".

وردّت كارول: "حمداً لله، أنت محقّة".

وُلِدت ميشيل في 9 تشرين الثاني/نوفمبر في العام 1973. كانت الأيام الأولى من حياة ميشيل ضبابيةً بالنسبة إلى كارول. ففي اليوم الذي أحضرت فيه كارول ابنتها من المستشفى إلى البيت، أصيبت والدة كارول، التي كانت تعيش معهم في نفس البيت، بسكتة دماغية. كان البيت في حالة تشوُّش كامل.

ومع مرور الوقت، بدأت كارول تلاحظ أموراً مقلقة: لم يزدد وزن ميشيل، ولم تكن نشيطة، وبالكاد كانت تصدر أصواتاً. كما بدا أيضاً أنها لم تكن تتابع الأشياء المتحركة بعينيها. وهكذا بدأت كارول بما أصبح سلسلةً لانهائية من الزيارات للأطباء. ورد التلميح الأول باحتمال وجود تلف دماغي من نوعٍ ما عندما كانت ميشيل في الشهر السادس من عمرها. فحيث ظنّت أنّ هناك مشكلة في عضلات العين لابنتها، قامت كارول بأخذها إلى اختصاصي في طبّ العيون اكتشف أنّ عصبها البصري، في كلتا العينين، كان متلفاً وباهتاً، رغم أنه ليس أبيضَ بالكامل كما في الناس المصابين بالعمى. أخبر الطبيب كارول أن بصر ميشيل لن يكون طبيعياً أبداً، ولن تنفعها النظارة لأنّ ما كان متلفاً في عينَي ميشيل هو العصب البصري وليس العدسة. أما ما كان أكثر إقلاقاً فهو التلميحات بوجود مشكلة خطيرة تنشأ في دماغ ميشيل وتسبّب إتلاف عصبَيها البصريين.

وفي الوقت نفسه تقريباً، لاحظت كارول أنّ ميشيل لم تكن تقلب على جنبيها وأنّ يدها اليمنى كانت مُطبقةً بإحكام. أثبتت الاختبارات أنّ ميشيل كانت "مفلوجة"، ما يعني أنّ النصف الأيمن من جسمها كان مشلولاً جزئياً. كانت يدها اليمنى الملتوية شبيهة بيد شخص أصيب بسكتة دماغية في النصف الأيسر من

دماغـــه. يبدأ معظم الأطفال في الحبو في الشهر السابع تقريباً. ولكنّ ميشيل كانت تجلس على مؤخّرها وتمسك بالأشياء حولها بيدها السليمة.

ورغـــم أنّ حالـــتها لم تتلاءم مع فئة مرضية واضحة، إلا أنّ طبيبها شخّص مرضها على أنه متلازمة بير *Behr Syndrome*، كي تتمكّن من الحصول على الرعاية الطبية وإعانة العجز. كان لدى ميشيل بالفعل بعض الأعراض المتساوقة مع متلازمة بـــير: ضـــمور العصب البصري ومشاكل التنسيق العصبية الأساس. ولكنّ كارول ووالي أدركـــا أنّ التـــشخيص كان منافياً للعقل لأنّ متلازمة بير هي حالةٌ وراثية نادرة، ولم يكن هناك أي أثرٍ لها في أسرتيهما. وفي عمر الثالثة، أُرسلت ميشيل إلى مؤســـسة تعـــالج الشلل الدماغي رغم أنّ التشخيص لم يُظهر إصابتها بهذا المرض أيضاً.

عندما كانت ميشيل طفلةً رضيعة، أصبح المسح التصويري الطبقي المحوسب للـــدماغ *CAT* متوفّـــراً. تأخذ أشعة إكس المتطوّرة هذه صوراً مقطعية عديدة للرأس وتدخلها مباشرةً إلى جهاز كمبيوتر، حيث يظهر العظم باللون الأبيض، ونـــسيج الـــدماغ باللون الرمادي، والتجاويف باللون الأسود الفاحم. أُجري مسح *CAT* لدماغ ميشيل حين كان عمرها ستة شهور، ولكن نظراً لأنّ مسح الـــدماغ في ذلـــك الوقت كان لا يزال في بدايته ودرجة وضوحه (*resolution*) ضـــعيفة جـــداً، فقـــد أظهر فقط لوناً رمادياً لا شكل له، ولم يستطع الأطباء أن يستنتجوا منه شيئاً.

كانت كارول مصدومة باحتمال أنّ طفلتها لن تتمكّن أبداً من الرؤية بشكلٍ طبيعي. وفي أحد الأيام كان والي يمشي في غرفة الطعام بينما كانت كارول تُطعم ميشيل فطورها، ولاحظت كارول أنّ ميشيل كانت تتبعه بعينيها.

تقـــول: "كـــان ابتهاجي عظيماً لما عناه ذلك من أنّ ميشيل لم تكن عمياء كلـــياً". وبعد بضعة أسابيع من ذلك، حين كانت كارول تجلس على الشرفة مع ميشيل، مرّت دراجة نارية في الشارع، وتبعتها ميشيل بعينيها.

وفي أحـــد الأيـــام، حين كانت ميشيل في عمر السنة تقريباً، مدّت ذراعها الـــيمنى، التي كانت دوماً مُطبقة بإحكام، بعيداً عن صدرها. وعندما بلغت الثانية من العمر، أصبحت ميشيل، التي كانت بالكاد تتكلّم، مهتمّةً باللغة.

يقول والدها: "كنت آتي إلى البيت وكانت تقول ' *ABCs! ABCs!*'". وحين كانت تجلس في حجره، كانت تضع أصابعها على شفتيه لتستشعر الاهتزازات أثناء كلامه. أخبر الأطباء كارول أنّ ميشيل لا تعاني من عجزٍ تعلُّمي، وأنها تملك ذكاءً طبيعياً على ما يبدو.

ولكنّ ميشيل كانت لا تزال عاجزةً عن الحبو رغم بلوغها الثانية من العمر. وحيث كانت تحبّ الموسيقى، فقد كان والي يُسمعها أغنيتها المفضّلة على شريط تسجيل، وعندما تنتهي الأغنية وتبدأ ميشيل في البكاء، "همم، همم، همم، أريدها مرةً أخرى!"، كان والي يصرّ أن تحبو إلى المسجّل قبل أن يعيد تشغيل الشريط مرة أخرى. كان النمط التعلّمي الإجمالي لميشيل يصبح واضحاً: تأخُّر ملحوظ في النمو، ورسالة من الأطباء إلى والديها ليعتادا على الأمر، ومن ثمّ ستنتزع ميشيل نفسها منه بطريقة أو بأخرى. أصبح والي وكارول أكثر تفاؤلاً.

وفي العام 1977، حين كانت كارول حاملاً للمرة الثالثة بشقيق ميشيل، جيف، أقنعها واحدٌ من أطبائها بأن تسعى لإجراء مسح دماغ (*CAT*) آخر لميشيل. أخبرها الطبيب أنها تدين لطفلها الذي لم يولَد بعد بمحاولة معرفة ما حدث لميشيل في الرحم من أجل منع حدوثه مرة أخرى.

في هذا السوقت، كانت درجة الوضوح لمسح الدماغ (*CAT*) قد تحسّنت بشكلٍ جذري، وعندما نظرت كارول إلى المسح الجديد، "أظهرت الصور شيئاً مثل الليل والنهار: دماغ ولا دماغ". كانت كارول في حالة صدمة. أخبرتني: "لا أظنّ أني كنت سأتدبّر الأمر لو أنهم أروني هذه الصور عندما أُجرِي مسح الدماغ لميشيل في عمر الستة شهور". ولكن في عمر الثالثة والنصف، كانت ميشيل قد أظهرت بالفعل أنّ دماغها يمكن أن يتكيّف ويتغيّر، ولهذا شعرت كارول بأنّ الأمل موجود.

* * *

تعرف ميشيل أنّ الباحثين في المعاهد الوطنية للصحة (*NIH*) يدرسونها تحت إشراف الدكتور جوردان غرافمان. أحضرت كارول ابنتها ميشيل إلى الـ *NIH* لأنها قرأت مقالاً في الصحيفة عن اللدونة العصبية، ناقض فيه الدكتور غرافمان العديد من الأشياء التي كانت قد قيلت لها بشأن مشاكل الدماغ. اعتقد غرافمان

أنّ الدماغ يستطيع غالباً، مع المساعدة، أن يتطوّر ويتغيّر خلال كامل الحياة، حتى بعد الإصابات. كان الأطباء قد أخبروا كارول بأنّ ميشيل ستتطوّر عقلياً فقط حتى سنّ الثانية عشرة تقريباً، ولكنّ ميشيل كانت قد بلغت الخامسة والعشرين بالفعل. إذا كان الدكتور غرافمان محقاً، فقد خسرت ميشيل سنوات عديدة كان ممكناً خلالها تجربة علاجات أخرى، وهو إدراكٌ جعل كارول تشعر بالذنب ولكنه أيضاً بعث فيها الأمل.

أحد الأشياء التي عمل عليها الدكتور غرافمان وكارول معاً كان مساعدة ميشيل على فهم حالتها والسيطرة على مشاعرها بشكلٍ أفضل.

ميشيل صادقة بشأن عواطفها. تقول: "لسنوات عديدة، ومنذ أن كنت طفلةً صغيرة، كانت تجتاحني نوبة غضب إذا لم تمضِ الأمور كما أردتُ لها. ولكني في السنة الماضية تعبت من تفكير الناس الدائم بأنّ الأمور يجب أن تمضي بطريقتي الخاصة، وإلا فإنّ كُيَيسي سوف يضطّلع بالأمر". ولكنها تضيف: "منذ السنة الماضية وأنا أحاول أن أخبر والديّ أنّ كُيَيسي يمكن أن يتدبّر التغيّرات".

رغم أنّ ميشيل تستطيع أن تكرّر تفسير الدكتور غرافمان بأنّ نصف دماغها الأيمن يعالج الآن نشاطات هي أساساً للنصف الأيسر مثل الكلام والقراءة والرياضيات، إلا أنها تتحدّث أحياناً عن الكُيَيْس كما لو كان مؤلّفاً من مادة، وكأنه جسمٌ أجنبي من نوعٍ ما له شخصية وإرادة، وليس مجرد فراغٍ داخل جمجمتها، حيث يُفترَض وجود نصف دماغها الأيسر. يوضّح هذا التناقض نزعتَين في تفكير ميشيل. هي تملك ذاكرة ممتازة للتفاصيل الملموسة وتواجه صعوبةً بالتفكير المجرّد. إنّ كونها واقعية له بعض الفوائد. فميشيل متهجّية رائعة وتستطيع أن تتذكّر ترتيب الحروف على الصفحة، لأنها مثل العديد من المفكّرين الواقعيين، تستطيع أن تسجّل الأحداث في الذاكرة وتُبقيها **جديدة ونابضة بالحياة** بقدر ما كانت في اللحظة التي أدركتها فيها لأول مرة. ولكنها يمكن أن تجد صعوبةً في فهم قصة توضّح ضمناً أخلاقيةً، أو فكرة متكرّرة رئيسية، أو نقطة هامة لم يتم الإفصاح عنها صراحةً، لأنّ ذلك يشتمل على تجريد.

لقد رأيتُ مراراً وتكراراً أمثلةً تبيّن تفسير ميشيل للرموز بصورةٍ ملموسة. فحين كانت كارول تتحدّث عن مدى صدمتها لدى رؤيتها لمسح الدماغ الثاني

لميشيل دون نصف أيسر، سمعتُ ضجّة. بدأت ميشيل، التي كانت تستمع لحديثنا، تمصّ وتنفخ في القنينة التي كانت تشرب منها.

سألتها كارول: "ماذا تفعلين؟".

أجابت ميشيل: "حسناً، أنا أُخرج مشاعري من القنينة". بدا الأمر كما لو أنّ ميشيل قد شعرت بأنّ مشاعرها يمكن فعلياً أن تُزفَر داخل القنينة.

سألتُ ميشيل ما إذا كان وصف أمها لمسح *CAT* قد أثار انـــزعاجها.

"لا، لا. كمـــا ترى من المهمّ أن أقول هذا، أنا أُبقي جانبـــي الأيمن مُسيطراً فقـــط"، وهو مثال على اعتقاد ميشيل بأنها عندما تنـــزعج، فإنّ كُيَيْسها "يضطّلع بالأمر".

وفي بعض الأحيان تستخدم ميشيل كلمات هراء، ليس من أجل التواصل بل لتفـــريغ المشاعر. وقد ذكرت خلال الحديث أنها تحب الكلمات المتقاطعة والكلمة الضائعة، حتى أثناء مشاهدها للتلفزيون.

سألتها: "هل ذلك لأنك تريدين أن تحسّني مفرداتك اللغوية؟".

أجابت: "الواقع - *ACTING BEES! ACTING BEES!* - أنا أفعل ذلك أثـــناء مـــشاهدتي للمسلـــسلات الهزلية على التلفزيون كي لا أسمح لذهني أن يضجر".

غنّت ميشيل "*ACTING BEES!*" بصوتٍ مرتفع، مُقحِمةً شيئاً من الموسيقى في كلامها. طلبت منها أن تفسّر ذلك.

قالت: "هراء محض، عندما، عندما، عندما، تُطرَح عليّ أسئلة تُحبطني".

إنّ اختـــيار ميشيل للكلمات يستند في معظم الأحيان إلى خاصيتها الفيزيائية، أو صـــوتها الإيقاعـــي المتـــشابه، وليس إلى معناها المجرّد؛ وهي علامة على واقعية ميشيل. في إحدى المرات، بينما كانت تخرج بسرعة من السيارة، انفجرت بالغناء "*TOOPERS IN YOUR POOPERS*". وهـــي غالباً ما تغنّي بصوتٍ مرتفع في المطاعم، وينظر الناس إليها. قبل أن تبدأ ميشيل في اللجوء إلى الغناء، كانت تُطبق فكّهـــا بإحكـــام جداً عندما تكون مُحبطة بحيث إنها كسرت سنّيها الأماميين، ثم كسرت الجسر الذي حل محلهما عدة مرات. ساعدها غناء الهراء بطريقة أو بأخرى على الإقلاع عن عادة العضّ. سألتها إن كان غناء الهراء يهدّئها.

غنّت "*I KNOW YOUR PEEPERS*". ثم قالت: "عندما أغنّي، يسيطر الجانب الأيمن على كُيَيْسي".

وألححت: "هل يهدّئك؟".

قالت: "أظنّ ذلك".

غالباً ما يتّسم هراء ميشيل بخاصية هزلية، كما لو كانت تنبّه المرء للوضع، باستخدام كلمات مضحكة. ولكنها تستخدم هذا الأسلوب نموذجياً عندما تشعر بأنّ عقلها يخذلها ولا تستطيع أن تفهم السبب.

تقول: "لا يستطيع جانبي الأيمن أن يقوم ببعضٍ من الأشياء التي يستطيع جانب الآخرين الأيمن أن يقوم بها. يمكنني أن اتّخذ قرارات بسيطة، ولكن ليس ذلك النوع من القرارات الذي يتطلّب الكثير من التفكير الذاتي".

ولهذا السبب هي تحب كثيراً النشاطات التكرارية التي قد تثير جنون الآخرين، مثل إدخال البيانات. وهي تُدخل حالياً جميع البيانات لجدول الخدمة لخمسة آلاف أبرشي في الكنيسة حيث تعمل أمها، وتريني على كمبيوترها واحدةً من تساليها المفضّلة: سوليتير *solitaire*. وبينما أشاهدها، أجد نفسي منذهلاً بالسرعة التي يمكنها أن تلعب بها. ففي هذه المهمة التي لا تتطلّب مساعدة "ذاتية"، تبدو ميشيل حاسمةً **للغاية**.

"أوه! أوه! انظر، أوه، أوه، انظر هنا!" وبينما تطلق صيحات الابتهاج، وتضع البطاقات في مكانها، تبدأ ميشيل في الغناء. يبدو واضحاً أنّ ميشيل تتخيّل مجموعة البطاقات **بأكملها** في ذهنها. فهي تعرف موقع وهويّة كل بطاقةٍ رأتها، سواء أكانت مقلوبةً أم لا.

أما النشاط التكراري الآخر الذي تستمتع بأدائه فهو الطيّ. ففي كل أسبوع، تقوم ميشيل مبتهجةً بطيّ ألفٍ من نشرات الكنيسة الإعلانية بسرعة البرق، حيث لا يستغرق منها ذلك سوى نصف ساعة فقط، رغم أنها تطوي بيدٍ واحدة.

قد تكون مشكلتها المتعلّقة بفهم المعاني التجريدية هي الثمن الأغلى الذي دفعته ميشيل لامتلاكها لنصف دماغٍ أيمن مزدحم. من أجل أن أفهم على نحوٍ أفضل قدرتها على فهم التعابير التجريدية، سألتها أن تشرح بعض الأمثال السائرة.

ماذا يعني "لا ينفع النَّدم بعد العَدَم؟".

"يعني أن لا تبدّد وقتك قلقاً بشأن شيء واحد".

سألتها أن تخبرني المزيد، آملاً أنها قد تضيف أنه لا فائدة من التركيز على البلايا التي لا يمكن فعل أي شيء بشأنها. ولكنها بدأت تتنفّس بصعوبة وتغني بصوت قلق، "*DON'T LIKE PARTIES, PARTIES, OOOOO*".

ثمّ قالت أنها تعرف تعبيراً رمزياً واحداً: "تلك هي الطريقة التي ترتدّ بها الكرة". وقالت أنها تعني "تلك هي طريقة سَير الأمور".

ثمّ سألتها أن تفسّر مثلاً لم تسمعه من قبل: "لا ترمِ الحجارة على الناس وبيتك من زجاج".

ولكنها بدأت، مرةً أخرى، تتنفّس بصعوبة.

ولأنها تذهب إلى الكنيسة، فقد سألتها عن قول يسوع: "من كان منكم بلا خطيئة فليرمِ بأوّل حجر"، ذاكراً القصة التي قال فيها ذلك.

تنهّدت ميشيل وتنفّست بصعوبة، ثم غنّت "*I AM FINDING YOUR PEAS!*"، قبل أن تقول: "هذا شيء يجب فعلاً أن أفكّر في شأنه".

ثمّ سألتها عن التشابهات والاختلافات بين الأشياء، وهو اختبار تجريد ليس مُجهِداً بقدر تفسير الأمثال أو الاستعارات، التي تشتمل على تتابعات رمزية أطول. ترتبط التشابهات والاختلافات بشكلٍ وثيق أكثر مع التفاصيل.

كان أداء ميشيل في هذا الاختبار أسرع من معظم الناس. بماذا يتشابه الكرسي والحصان؟ أجابت بسرعة: "لكل منهما أربع قوائم ويمكنك الجلوس عليهما". وما الفرق بينهما؟ أجابت بسرعة: "الحصان حيّ والكرسي جماد. وبإمكان الحصان أن يتحرّك وحده". وهكذا طرحتُ عليها مزيداً من هذه الأسئلة وأجابت عليها جميعاً بصورة تامة وبسرعة البرق، ودون أن يتخلّل ذلك أي من أغاني الهراء. وطرحتُ عليها أسئلةً حسابية وأخرى تتعلّق بالذاكرة، وأجابت عليها جميعاً بصورةٍ تامة أيضاً. وأخبرتني أنها كانت تجد الحساب سهلاً جداً في المدرسة، وقد برعتْ فيه إلى حد أنهم نقلوها من صفّها التعليمي الخاص إلى صفٍّ عادي. ولكن حين بدأت في الصف الثامن بتعلّم الجبر، الذي هو تجريدي، وجدته صعباً جداً. وحدث الشيء نفسه عندما بدأت في دراسة التاريخ. كانت متألّقةً في البداية، ولكن عندما تمّ إدخال المفاهيم التاريخية في الصفّ الثامن، وجدت ميشيل

أنها لا تستطيع أن تستوعبها بسهولة. كانت ذاكرتها للتفاصيل ممتازة، أما التفكير المجرّد فقد كان يُجهدها.

* * *

بدأت أشكّ في أنّ ميشيل كانت نابغةً ذات قدرات عقلية استثنائية في مجالات معينة عندما كانت تصحّح لأمها، خلال محادثاتنا، تاريخ حدث معين بصورة عفوية وبثقة ودقّة بارزة. ذكرتَ أمها رحلةً إلى إيرلندا وسألت ميشيلَ عن تاريخها.

أجابت ميشيل على الفور: "أيار/مايو 1987".

وسألتُها كيف فعلت ذلك. أجابت: "أنا أتذكّر معظم الأشياء... أظنّ أنها أكثر حيوية أو شيئاً من هذا القبيل". وقالت أنّ ذاكرتها الحيّة تعود إلى ثماني عشرة سنة مضت، أي إلى منتصف ثمانينيات القرن الماضي. ثمّ سألتها إن كانت تستخدم معادلةً أو قوانين لاكتشاف التواريخ، كما يفعل معظم النوابغ. قالت أنها تتذكّر عادةً اليوم والحدث بدون حساب ولكنها تعرف أيضاً أنّ الروزنامة تتبع نمطاً واحداً لستّ سنوات ومن ثمّ تنتقل إلى نمط آخر لخمس سنوات، اعتماداً على موعد حدوث السنوات الكبيسة. "اليوم مثلاً هو الأربعاء، 4 حزيران/يونيو. قبل ستّ سنوات من الآن، وقع 4 حزيران/يونيو في يوم أربعاء أيضاً".

سألتها: "هل هناك قوانين أخرى؟ أي يوم وقع فيه 4 حزيران/يونيو قبل ثلاث سنوات؟".

"يوم أحد".

"هل استخدمت قانوناً؟".

"لا، لم أفعل. لقد عدتُ فقط بذاكرتي إلى الوراء".

وسألتها، منذهلاً، إن كانت الروزنامات قد أثارت اهتمامها أبداً، ولكنها أجابت بالنفي بشكلٍ قاطع. ثمّ سألتها إن كانت تستمتع بتذكُّر الأشياء.

"إنه مجرّد شيءٍ أقوم به".

وتابعتُ بسؤالها عن الأيام التي وقعت فيها تواريخ معينة كنت أختارها عشوائياً، وتحقّقت منها لاحقاً.

"2 آذار/مارس 1985؟".

"كان ذلك يوم سبت". كانت إجابتها **فورية** وصحيحة.

"17 تموز/يوليو 1985؟".

"يوم أربعاء". إجابة فورية وصحيحة. وبدا لي أنّ تفكيري بتاريخ معين كان يستغرق وقتاً أطول من ذاك الذي كانت تحتاج إليه ميشيل للإجابة.

وحيث قالت إنها تستطيع تذكّر الأيام حتى منتصف ثمانينيات القرن الماضي، فقد حاولت أن أجعلها تعود بذاكرتها إلى ما قبل ذلك وسألتها عن اليوم الذي وقع فيه 22 آب/أغسطس 1983.

استغرقت ميشيل هذه المرة نصف دقيقة وبدا واضحاً أنها كانت تحسب، وتهمس لنفسها، بدلاً من أن تتذكّر.

"22 آب/أغسطس 1983، إمم، كان ذلك يوم ثلاثاء".

"كان هذا أصعب لأن؟".

"لأني أستطيع فقط أن أرجع بذاكرتي إلى خريف العام 1984. أنا أتذكّر الأشياء جيداً بدءاً من هذا التاريخ". وشرحت بأنّ لديها ذاكرة واضحة لكل يوم وما حدث فيه خلال الفترة التي كانت فيها تلميذة في المدرسة، وأنها تستخدم تلك الأيام كمُرتَكز.

قالت: "1 آب/أغسطس 1985 كان يوم خميس. وهكذا فقد عدت بذاكرتي سنتين للوراء. 1 آب 1984 كان يوم أربعاء".

ثم قالت وهي تضحك: "لقد أخطأت. قلتُ إنّ 22 آب/أغسطس 1983 كان يوم ثلاثاء. والواقع أنه كان يوم اثنين". وتحقّقتُ من ذلك، وكان ما ذكرته صحيحاً.

كانت سرعتها في الحساب مذهلة، ولكن ما كان أكثر إذهالاً هو الطريقة الحيّة التي كانت تتذكّر بها الأحداث التي حصلت خلال الثماني عشرة سنة الفائتة.

يستخدم النوابغ أحياناً طرقاً غير مألوفة لتمثيل التجارب. عمل عالِم الأعصاب النفساني الروسي ألكسندر لوريا مع متذكّر، أو فنان ادّكاري "S"، استطاع أن يحفظ عن ظهر قلب جداول طويلة من الأرقام العشوائية، وقد كسب عيشه من خلال أدائه لهذه المهارات. امتلك "S" ذاكرةً فوتوغرافية ترجع إلى مرحلة الطفولة المبكرة، وكان أيضاً "ذا حسٍّ مُشترَك"، ما يعني أنّ بعض الحواس، غير

المتــصلة عــادة، تكون متصلة على نحوٍ متقاطع. يمكن لذوي الحسّ المشترك عالي المستوى أن يختبروا مفاهيم، مثل أيام الأسبوع، كما لو كانت ألواناً، وهو ما يجعل تجاربهم وذكرياتهم حيةً بصورة خاصة. كان "S" يربط أرقاماً معينة بألوان، ولكنه، مثل ميشيل، لم يكن يستطيع أن يفهم النقطة الأساسية غالباً.

قلــت لميــشيل: "هــناك أنــاسٌ معيّنون يرون لوناً عندما يتخيّلون يوماً من الأســبوع، وهــو ما يجعله أكثر حيوية. قد يفكّرون في أيام الأربعاء كلونٍ أحمر، والخميس كلونٍ أزرق، والجمعة كلونٍ أخضر..."

سألتها إن كانت تملك تلك المقدرة.

أجابــت: "لا أملــك شيفرة لونية كتلك. لديّ **مشاهد** لأيام الأسبوع. ليوم الإثــنين مثلاً، أتصوّر صفّي في مركز تطوّر الطفل. ولكلمة "أهلاً"، أتصوّر الغرفة الصغيرة إلى يمين قاعة بيلي ويلارد".

هتفت كارول: "يا الله!" وشرحت بأنّ ميشيل ذهبت إلى بيلي ويلارد، وهو مركز تعليم خاص، منذ أن كان عمرها سنة وشهرين إلى أن بلغت سنتين وعشرة أشهر.

* * *

جــوردان غرافمان هو الباحث الذي يحاول أن يكتشف كيف يعمل دماغ ميــشيل. بعــد أن قــرأت كارول مقاله حول اللدونة، اتّصلت به، وأخبرها أنها تــستطيع أن تُحضِر ميشيل في زيارة. ومنذ ذلك الحين، خضعت ميشيل للاختبار، واستخدم غرافمان ما اكتشفه لمساعدتها على التكيّف مع وضعها وعلى فهم كيف تطوّر دماغها بشكلٍ أفضل.

يقــع مكــتب غرافمان في المعاهد الوطنية للصحة (*NIH*)، وهو رئيس قسم العلوم العصبية المعرفية في المعهد الوطني للاضطّرابات العصبية والسكتات الدماغية. لــدى غرافمان اهتمامان رئيسيان: فهم الفصوص الجبهية واللدونة العصبية، وهما الموضــوعان المتتامان اللذان يساعدان معاً في شرح مواطن القوة الاستثنائية لميشيل وصعوباتها المعرفية.

خدم غرافمان لعشرين سنة كقائد في سلاح الطيران الأميركي، في فرقة العلوم الطبــية الحيوية، ونال ميدالية لعمله كرئيس لدراسة إصابة الرأس في حرب فيتنام.

وقد رأى أناساً بإصابات في فصّهم الجبهي أكثر، على الأرجح، مما فعل أي شخص آخر في العالم.

أما حياته الخاصة فهي بحدّ ذاتها قصة مثيرة من التحوّلات. عندما كان جوردان في المدرسة الابتدائية، أُصيب والده بسكتة دماغية تسبّبت في نوعٍ من التلف الدماغي أدّى إلى تغيُّر في شخصيته، حيث عانى من ثورات انفعالية وما كان يُعرَف في طبّ الأعصاب بـ "إلغاء التثبيط الاجتماعي"، ما يعني إطلاق الغرائز العدوانية أو الجنسية المكبوتة أو المكبوحة عادةً. ولم يستطع أن يفهم المغزى من كلام الناس. لم يفهم جوردان السبب وراء سلوك والده. ثمّ انفصلت والدة جوردان عن زوجها الذي عاش بقية حياته في فندق في شيكاغو حيث توفي إثر إصابته بسكتة دماغية ثانية.

توقّف جوردان الذي اعتصره الألم عن الذهاب إلى المدرسة الابتدائية وأصبح جانحاً. ومع ذلك، فقد تاق شيءٌ فيه إلى التعلُّم، وبدأ يقضي صباح أيامه في المكتبة العامة يقرأ، حيث اكتشف دوستويفسكي وغيره من الروائيين العظام. وكان يذهب عصراً إلى معهد الفنون إلى أن اكتشف أنه كان بقعة تطوافية حيث الصبية الصغار مستهدفون. وكان يقضي أمسيات أيامه في النوادي الليلية. ومن حياته في الشارع، حصل جوردان على تعليم سيكولوجي حقيقي، متعلّماً بالتجربة والخطأ ما الدافع إلى نشاط وسلوك الناس. ومن أجل تجنّب إرساله إلى إصلاحية القديس شارلز، التي هي أساساً سجن للأطفال تحت سنّ السادسة عشرة، فقد أمضى أربع سنوات في دارٍ للصبيان ومدرسة إصلاحية كان يراه فيها موظّف خدمة اجتماعية من أجل المعالجَة النفسية التي أحسّ أنها أنقذته وهيّأته لبقية حياته. تخرّج جوردان من المدرسة الثانوية وهجر شيكاغو إلى كاليفورنيا حيث قرّر أن يصبح جيولوجياً. ولكنه أخذ صدفةً مقرّراً في سيكولوجية الأحلام ووجده مذهلاً جداً بحيث إنه حوّل اهتمامه إلى السيكولوجيا (علم النفس).

اصطدم غرافمان باللدونة العصبية لأول مرة في العام 1977، حين كان طالباً في كلية الدراسات العليا في جامعة وسكونسن، يعالج امرأةً أميركية من أصلٍ إفريقي مصابة بتلفٍ في الدماغ تعافت على نحوٍ غير متوقّع. خُنقت "ريناتا"، كما يدعوها غرافمان، في اعتداءٍ عليها في المتنزه المركزي في مدينة نيويورك وتُرِكت

علـــى أنها ميّتة. وقد أدّى الاعتداء إلى قطع الأكسجين عن دماغها فترة طويلة بما يكفي لإحداث إصابة لا أُكْسية – موت عصبوني نتيجة لنقص الأكسجين. عاينها غـــرافمان للمـــرة الأولى بعد خمس سنوات من الاعتداء، بعد أن يئس الأطباء من حالـــتها. كانـــت قشرتها الحركية قد أتلفت بشكلٍ وخيم للغاية بحيث إنها كانت تواجه صعوبةً كبرى في الحركة، وكانت عاجزة ومحتجزة في كرسيها المدولب، ما أدّى إلى ضـــمور عضلاتها. اعتقد الفريق أنّ التلف قد أصاب حُصينها أيضاً، لأنها كانـــت تعـــاني مـــن مشاكل وخيمة في الذاكرة وبالكاد كانت تستطيع القراءة. خـــسرت ريـــناتا وظيفتها كما خسرت أصدقاءها. كان يُفترض أنّ المرضى أمثال ريناتا هم خارج حدود المساعدة، لأنّ الإصابة اللاأُكْسية تؤدّي إلى تلف جزء كبير من نسيج الدماغ، وكان معظم الأطباء السريريين يعتقدون أنّ الدماغ لا يمكن أن يتعافى عندما يموت نسيج الدماغ.

ومـــع ذلـــك، بدأ الفريق الذي كان غرافمان يعمل معه بإخضاع ريناتا لتدريب مكـــثّف – أنواع إعادة التأهيل الفيزيائي الذي يخضع له المرضى في الأسابيع الأولى بعد إصـــابتهم. كـــان غرافمان يُجري أبحاثاً حول الذاكرة، وعرف بشأن إعادة التأهيل، وتـــساءل عـــمّ عساه سيحدث إذا تمّ دمج الحقلَين معاً. واقترح أن تبدأ ريناتا تمارين الذاكـــرة، والقـــراءة، والـــتفكير[1]. لم يكن لدى غرافمان أية فكرة بأنّ والد باخ – واي – ريتا قد استفاد فعلياً من برنامج مماثل قبل عشرين سنة (انظر الفصل 1).

بـــدأت ريناتا تتحرك أكثر وأصبحت أكثر تواصلاً وأكثر قدرةً على التركيز والـــتفكير وتذكُّـــر الأحـــداث اليومية. وفي النهاية، تمكّنت ريناتا من العودة إلى المدرســـة، وحـــصلت على وظيفة، ودخلت العالم من جديد. ورغم أنها لم تتعافَ كلـــياً، إلا أنّ غرافمان ذُهِل بمدى التقدُّم الذي أحرزته، قائلاً إنّ هذه المداخلات "قد حسّنت للغاية نوعية حياتها بحيث إنها كانت مذهلة".

اصطدم غرافمان للمرة الثانية باللدونة العصبية أثناء عمله كقائد في سلاح الطـــيران الأميركـــي، حيث عُيِّن مديراً للفرع العصبـــي النفسي من دراسة إصابة الـــرأس في حرب فيتنام[2]. بما أنّ وجوه الجنود تكون موجّهة لأرض المعركة، فإنّ الـــشظايا المعدنـــية المتطايـــرة تدخل غالباً رؤوس الجنود وتتلف النسيج في مقدّمة أدمغـــتهم، حـــيث الفصوص الجبهية التي تنسّق أجزاء أخرى من الدماغ، وتساعد

العقـــل على التركيز على النقطة الأساسية لأي وضع، وتشكيل الأهداف، واتّخاذ قرارات دائمة.

أراد غرافمان أن يفهم ما هي العوامل الأكثر مساعدة في التعافي من إصابات الفـــصّ الجبهـــي، ولهـــذا فقد بدأ في دراسة كيفية توقع عوامل محدّدة مثل صحة الجـــندي، وتركيبه الوراثي، ومكانته الاجتماعية، ومعدل ذكائه السابق للإصابة، لـــتوقُع فرصـــه بالـــشفاء. وحيث إنّ الجميع في الخدمة العسكرية يجب أن يخضع لاختـــبار المؤهلات للقوات المسلّحة (المكافئ تقريباً لاختبار حاصل الذكاء IQ)، فقد استطاع غرافمان أن يدرس علاقة الذكاء قبل الإصابة بذاك بعد الإصابة. وقد وجـــد أنه بالإضافة إلى حجم الجرح وموقع الإصابة، فإنّ حاصل الذكاء للجندي كان متكهِّناً هاماً بمدى استرجاعه لوظائف دماغه المفقودة[3]. إنّ امتلاك المزيد من القـــدرة المعرفية - ذكاء أكثر مما نحتاج إليه - يمكّن الدماغ من الاستجابة بشكلٍ أفضل للرضّات الوخيمة. اقترحت بيانات غرافمان أنّ الجنود ذوي مستوى الذكاء المرتفع بدوا قادرين بشكلٍ أفضل على تمييز قدراتهم المعرفية لدعم المناطق المصابة.

كما رأينا، فإنّ كل وظيفة معرفية، وفقاً لنظرية التمركزية الصارمة، تُعالَج في موقـــعٍ مخـــتلف محدَّد وراثياً. فإذا تمّ محو ذلك الموقع بواسطة رصاصة، فإنّ وظيفته ســـتُمحَى أيـــضاً - للأبد - ما لم يكن الدماغ لدناً وقادراً على التكيُّف وإنشاء تراكيب جديدة لتحلّ محل التراكيب المتلفة.

أراد غـــرافمان أن يستكشف حدود اللدونة وإمكاناتها من أجل أن يكتشف الفتـــرة الزمنية التي تستغرقها إعادة التنظيم التركيبية، وأن يفهم ما إذا كانت هناك أنـــواع مختلفة من اللدونة. استنبط غرافمان أنه بسبب اختلاف المناطق المُصابة بين الأشخاص المصابين بتلفٍ دماغي، فإنّ الانتباه الدقيق للحالات الفردية يكون غالباً مثمراً أكثر من دراسة مجموعة كبيرة.

إنّ وجهة نظر غرافمان الخاصة بالدماغ تدمج نسخةً عملية (غير نظرية) من التمركزية مع اللدونة.

يُقـــسم الـــدماغ إلى قطاعات يكتسب كل قطاعٍ منها أثناء نموّ الدماغ مسؤوليةً رئيسية لنوعٍ محدّد من النشاط العقلي. وفي النشاطات المعقّدة، لا بدّ من تفاعل عدة قطاعات معاً. عندما نقرأ، فإنّ معنى أي كلمة يُخزَّن في قطاعٍ

واحـــد من الدماغ، بينما يُخزّن المظهر المرئي للأحرف في قطاعٍ آخر، وصوتها في ثالثٍ. وكل القطاعات هي جزءٌ من شبكة، بحيث إننا عندما نصادف كلمةً، يكون بإمكاننا أن نراها ونسمعها ونفهمها. لا بدّ أن تُنشَّط العصبونات في كل قطاع في الوقت نفسه - تنشيط مشترك - من أجل أن نرى ونسمع ونفهم في وقتٍ واحد.

إنّ القـــوانين لتخزين كل هذه المعلومات تعكس مبدأ "استعمله أو اخسره". كلما استعملنا كلمةً على نحوٍ أكثر تكراراً، استطعنا أن نجدها بسهولة أكثر. وحتى المرضـــى الذين لديهم تلف في قطاع الكلمات يكونون قادرين بصورةٍ أفضل على استرجاع كلمات كانوا يستعملونها بشكلٍ متكرّر قبل إصابتهم مقارنةً بالكلمات التي نادراً ما كانوا يستعملونها.

يعـــتقد غـــرافمان أنه في أي منطقة من الدماغ تؤدّي نشاطاً ما، مثل تخزين الكلمـــات، فإنّ العصبونات في مركز تلك المنطقة تكون أكثر التزاماً بالمهمة. أما العصبونات على حدود المنطقة فهي أقلّ التزاماً، ولهذا فإنّ مناطق الدماغ المتجاورة تتنافس بعضها مع بعض لتجنيد هذه العصبونات الحدودية. تحدّد النشاطات اليومية أي مـــنطقةٍ دماغـــية ستفوز بهذه المنافسة. بالنسبة إلى عامل البريد الذي ينظر إلى العـــناوين على الطرود البريدية دون التفكير بمعناها، فإنّ العصبونات الحدودية بين المنطقة البصرية ومنطقة المعنى ستصبح ملتزمةً بتمثيل "شكل" الكلمة. وبالنسبة إلى الفيلـــسوف المهـــتمّ بمعاني الكلمات، فإنّ تلك العصبونات الحدودية سوف تصبح ملتـــزمةً بتمثيل المعنى. يعتقد غرافمان أنّ كل شيء نعرفه من مسح الدماغ بشأن هذه المناطق الحدودية يخبرنا أنها تستطيع أن تتوسّع بسرعةٍ، خلال دقائق، لتستجيب لحظة فلحظة لاحتياجاتنا.

عيّن غرافمان من خلال أبحاثه أربعة أنواعٍ من اللدونة[4].

النوع الأول هو "توسّع الخريطة" الموصوف أعلاه، والذي يحدث عند الحدود بين مناطق الدماغ كنتيجة للنشاطات اليومية.

الـــنوع الـــثاني هو "إعادة التعيين الحسّية" الذي يحدث عندما تتعطّل إحدى الحـــواس، كما في المكفوفين. عندما تُحرَم القشرة البصرية من مُدخلاتها الطبيعية، يمكنها أن تستقبل مُدخلات جديدة من حاسةٍ أخرى، مثل اللمس.

أما النوع الثالث فهو "التنكُّر التعويضي" الذي يستفيد من حقيقة أنّ هناك أكثر من طريقة واحدة يمكن بها للدماغ أن يقارب مهمّة. يستخدم بعض الناس معالِم بصرية للوصول من مكان إلى آخر. وهناك آخرون ذوو "حسّ اتجاهي جيد" يملكون حاسةً مكانية قوية، بحيث إنهم إذا فقدوا حاسّتهم المكانية بسبب إصابة في الدماغ، يمكنهم أن يعتمدوا على المعالم البصرية. قبل أن تُميَّز اللدونة العصَبية، كان "التنكُّر التعويضي" - المعروف أيضاً باسم التعويض أو "الاستراتيجيات البديلة"، مثل لجوء الناس الذين يعانون من مشاكل بالقراءة إلى الأشرطة السمعية - هو الطريقة الرئيسة المستخدمة لمساعدة الأطفال الذين يعانون من عجزٍ تعلُّمي.

النوع الرابع من اللدونة هو "اضطّلاع المنطقة المقابلة". عندما يعجز جزء في أحد نصفَي الدماغ عن أداء وظيفته، فإنّ المنطقة المقابلة في النصف المعاكس تتكيّف وتضطّلع بوظيفته العقلية بأفضل طريقة ممكنة.

نشأت هذه الفكرة الأخيرة عندما عاين غرافمان وزميله هارفي لفين صبياً سأدعوه باول[5]، كان قد تعرّض لحادث سيارة عندما كان عمره سبعة أشهر. أدّت ضربةٌ على رأسه إلى دفع عظام جمجمته المكسورة نحو فصّه الجداري **الأيمن**، وهو الجزء المركزي الأعلى للدماغ، خلف الفصّ الجبهي. عاين فريق غرافمان باول لأول مرة عندما كان في السابعة عشرة من عمره.

على نحو يثير الدهشة، كان باول يعاني من مشاكل في الحساب ومعالجة الأرقام. يُتوقَّع عادةً أنّ الناس المصابين في فصّهم الجداري الأيمن يعانون من مشاكل في معالجة المعلومات البصرية المكانية. وقد أثبت غرافمان وآخرون أنّ الفصّ الجداري **الأيسر** للدماغ هو الذي يُخزّن عادةً الحقائق الحسابية ويؤدّي الحسابات التي يشتمل عليها علم الحساب البسيط. ومع ذلك، فإنّ الفص الجداري الأيسر لباول لم يكن مُصاباً.

أظهر مسح *CAT* لدماغ باول وجود كُيَيْس في النصف الأيمن المُصاب. ثمّ أجرى غرافمان ولفين مسح *fMRI* (تصوير الرنين المغنطيسي الوظيفي)، وبينما كان دماغ باول خاضعاً للمسح، أعطيا باول مسائل حسابية بسيطة ليحلّها. أظهر المسح وجود تنشيطٍ **ضعيفٍ جداً** في المنطقة الجدارية اليسرى.

استنتج غرافمان ولفين من هذه النتائج الغريبة أنّ المنطقة اليسرى كانت تُنشَّط بشكلٍ ضعيف خلال حلّ المسائل الحسابية لأنها أصبحت تعالج الآن المعلومات البصرية المكانية التي لم تعد تُعالَج بواسطة الفصّ الجداري الأيمن.

حصل حادث السيارة قبل أن يكون مطلوباً من باول ذي السبعة أشهر أن يتعلّم الحساب، أي قبل أن يكون الفصّ الجداري الأيسر ملتزماً بأن يصبح منطقةَ معالجة متخصّصة بالحساب. خلال الفترة بين عمر السبعة أشهر والست سنوات، حينً بدأ باول بتعلُّم الحساب، كان التجوال واسترشاد الطريق من الأهمية بمكان بالنسبة له، وهو ما يتطلّب معالجةً بصرية مكانية. وهكذا فقد وجد النشاط البصري المكاني مقرّه في جزء الدماغ الأكثر شبهاً بالفصّ الجداري الأيمن - ألا وهو الفصّ الجداري الأيسر. بإمكان باول الآن أن يجول ويسترشد طريقه في العالم، ولكن مقابل ثمن. فعندما أصبح لزاماً عليه أن يتعلّم الحساب، كان الجزء المركزي للقطاع الجداري الأيسر قد التزم فعلياً بالمعالجة البصرية المكانية.

تزوّد نظرية غرافمان بتفسير للكيفية التي تطوّر بها دماغ ميشيل. فقدت ميشيل نسيجها الدماغي قبل أن يكونَ هناك أي التزام هام من قبَل نصف دماغها الأيمن. ونظراً لأنّ اللدونة تكون في ذروتها في السنوات الأولى من الحياة، فإنّ ما أنقذ ميشيل على الأرجح من موت محقّق هو أنّ التلف في دماغها حدث باكراً جداً. عندما كان دماغ ميشيل في مرحلة التّكوين، كان لدى نصفها الدماغي الأيمن ما يكفي من الوقت للتكيّف في الرحم، ومن ثمّ كانت كارول موجودة لتعتني بها.

من الممكن أنّ النصف الدماغي الأيمن لميشيل، الذي يعالج عادةً النشاطات البصرية المكانية، كان قادراً على معالجة الكلام لأنّ ميشيل، التي كانت عمياء جزئياً وعاجزةً تقريباً عن الحبو، تعلّمت أن تتكلّم قبل أن تتعلّم أن ترى وتمشي. لقد بزّ الكلامُ الاحتياجات البصرية المكانية لدى ميشيل، تماماً كما بزّت الاحتياجات البصرية المكانية لدى باول احتياجاته الحسابية.

إنّ هجرة وظيفة عقلية[6] إلى النصف الدماغي المعاكس هو أمرٌ ممكن الحدوث لأنّ نصفَي دماغنا في المرحلة المبكرة من النموّ يكونان متماثلين إلى حدّ كبير، ولا يبدآن إلا لاحقاً في التخصّص تدريجياً. يُظهر مسح الدماغ لأطفالٍ رضّع في السنة الأولى من أعمارهم أنهم يعالجون الأصوات الجديدة في نصفَي الدماغ على حدّ

سواء. وفي عمر السنتين، عادةً ما يعالجون هذه الأصوات الجديدة في نصف الدماغ الأيسر الذي يكون قد بدأ في التخصّص في الكلام. يتساءل غرافمان ما إذا كانت قدرةٌ بصريةٌ مكانية، مثل اللغة في الأطفال الرضّع، موجودةً أساساً في كلا النصفين ومن ثمّ تُثبّط في النصف الأيسر مع تخصّص الدماغ. بتعبيرٍ آخر، **يميل** كل نصف دماغي إلى التخصّص في وظائف معينة ولكنّ دوائره الكهربائية ليست مُحكَمة لفعل ذلك. إنّ العمر الذي نتعلّم فيه مهارةً عقلية يؤثّر بقوة في المنطقة التي تتمّ معالجة المهارة فيها. كأطفالٍ صغار، نحن نتعرّض **ببطء** للعالم حولنا، وعندما نتعلّم مهارات جديدة، فإنّ قطاعاتِ المعالجة الأكثر ملاءمةً في دماغنا، والتي لم تلتزم بعد، هي القطاعات التي تُستخدَم لمعالجة تلك المهارات.

يقول غرافمان: "وهذا يعني أنك إذا نظرت إلى نفس المناطق في أدمغة مليون شخص، فسترى هذه المناطق ملتزمة تقريباً بأداء نفس الوظائف أو العمليات. ولكنها قد لا تكون في المكان نفسه بالضبط، ويجب أن لا تكون كذلك، لأنّ كلاً منا له تجاربه الحياتية المختلفة عن غيره".

إنّ لغز العلاقة بين القدرات الاستثنائية لميشيل والصعوبات التي تعاني منها يمكن تفسيره من خلال عمل غرافمان على الفصّ الجبهي. يساعد عمل غرافمان على القشرة قبل الجبهية تحديداً في شرح الثمن الذي كان على ميشيل أن تدفعه لبقائها. الفصّان قبل الجبهيَين هما جزء الدماغ الأكثر بشرية على نحوٍ فريد، لأنهما متطوّران للغاية في البشر، إذا ما قورنا بمثيلَيهما في الحيوانات.

تقول نظرية غرافمان أنّ القشرة قبل الجبهية قد طوّرت القدرة على أسر المعلومات والاحتفاظ بها على مدى فترات زمنية أطول فأطول، متيحةً للبشر أن يطوّروا بصيرةً وذاكرةً على حدّ سواء. أصبح الفصّ الجبهي الأيسر متخصّصاً في تخزين المعلومات **للأحداث الفردية**، بينما أصبح الفصّ الأيمن متخصّصاً في **استخلاص الفكرة الرئيسية** أو المغزى من سلسلة أحداث أو من قصة.

تشتمل البصيرة على استخلاص الفكرة الرئيسية من سلسلة من الأحداث قبل أن تنكشف كلياً، وهي ذات فائدة عظيمة في الحياة: إنّ معرفتَك بأنّ جثوم النمر دليلٌ على استعداده للهجوم قد تساعدك على النجاة. لا يضطّر الشخص ذو البصيرة إلى اختبار سلسلة أحداثٍ بكاملها ليعرف ما هو آتٍ على الأرجح.

إنّ الناس الذي يعانون من إصابات قبل جبهية يُمنى تكون لديهم بصيرة ضعيفة. بإمكانهم أن يشاهدوا فيلماً ولكنهم لا يستطيعون أن يفهموا النقطة الرئيسية أو أن يروا مسار الحبكة. وهم لا يخطّطون جيداً لأنّ التخطيط يشتمل على ترتيب سلسلة من الأحداث بحيث تقود إلى نتيجة أو غاية مرغوبة. كما أنهم لا ينفّذون خططهم جيّداً، لأنّ عجزهم عن الالتزام بالنقطة الرئيسية يجعلهم يشردون بسهولة. وهم غالباً غير ملائمين اجتماعياً لأنهم لا يستوعبون النقطة الرئيسية للتفاعلات الاجتماعية التي هي أيضاً سلسلة من الأحداث، ويواجهون صعوبة في فهم الاستعارات والتشبيهات التي تتطلّب استخلاص المغزى أو الفكرة الرئيسية من تفاصيل متنوّعة. إذا قال شاعر: "الزواج منطقة قتال"، فمن المهم أن نعرف أنّ الشاعر لا يقصد أنّ الزواج يتألّف من انفجارات حقيقية وجثث، بل يقصد بقوله زوجاً وزوجة يتشاجران بشدة.

إنّ جميع المجالات التي تواجه ميشيل صعوبةً فيها - استيعاب النقطة الرئيسية، وفهم الأمثال، والاستعارات، والمفاهيم، والتفكير المجرّد - هي نشاطات قبل جبهية يُمنى. وقد أكّد الاختبار السيكولوجي الموحّد لغرافمان أنها تواجه صعوبةً في التخطيط، وتدبُّر المواقف الاجتماعية، وفهم الدوافع (نسخة من فهم الفكرة الأساسية، مطبّقة على الحياة الاجتماعية)، وأيضاً في التعاطف مع الآخرين والتوقع بسلوكهم. يعتقد غرافمان أنّ افتقارها النسبي إلى البصيرة يزيد من مستوى قلقها ويجعل من الأصعب عليها أن تسيطر على اندفاعاتها. ومن جهة أخرى، تملك ميشيل قدرة استثنائيةً على تذكُّر الأحداث الفردية والتواريخ الدقيقة التي حدثت فيها - وهي وظيفةٌ قبل جبهية يُسرى.

يعتقد غرافمان أنّ ميشيل لديها نفس نوع تكيّف المنطقة المقابلة مثل باول، ولكنّ الموقع المقابل لدى ميشيل هو فصّها الجبهي الأيمن. نظراً لأنّ المرء يتقن عادةً تسجيل حدوث الأحداث قبل أن يتعلّم استخلاص فكرتها الرئيسية، فإنّ تسجيل الحدث - الذي هو في أغلب الأحيان وظيفةٌ قبل جبهية يُسرى - قد احتل فصّها قبل الجبهي الأيمن بحيث إنّ استخلاص الفكرة الرئيسية لم تسنح له الفرصة أبداً ليتطوّر بشكلٍ كامل.

عندما اجتمعتُ مع غرافمان بعد رؤيتي لميشيل، سألته: "لماذا تتذكّر ميشيل الأحداث على نحوٍ أفضل بكثير مما نفعل نحن؟ لماذا لا تكون قدرتها طبيعيةً كبقيتنا؟".

يعتقد غرافمان أنّ قدرة ميشيل الفائقة على تذكّر الأحداث يمكن ربطها بحقيقة أنها تملك نصف دماغٍ فقط. عادةً ما يكون نصفا الدماغ في تواصل دائم، حيث لا يُعلِم كل واحد منهما الآخرَ بنشاطاته الخاصة فحسب، بل يقوم أيضاً بتصحيح أخطاء شريكه، وكبحه أحياناً وموازنة غرابة أطواره. ماذا يحدث عندما يُصاب نصف الدماغ ولا يعود بإمكانه أن يكبح شريكه؟

يصف الدكتور بروس ميلر، وهو بروفيسور في طبّ الأعصاب في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، مثالاً دراماتيكياً. أظهر الدكتور ميلر أنّ بعض الناس الذين يصابون بخرف الفصّ الجبهي الصدغي في الجانب **الأيسر** من دماغهم يفقدون قدرتهم على فهم معنى الكلمات ولكنهم يطوّرون **عفوياً** مهارات فنية، أو موسيقية، أو إيقاعية استثنائية، وهي مهارات تُعالَج عادةً في الفصّ الصدغي الأيمن والفصّ الجداري الأيمن. ومن الناحية الفنية، يصبح هؤلاء الناس بارعين تحديداً في رسم التفاصيل. يجادل ميلر بأنّ نصف الدماغ الأيسر يعمل عادةً مثل مستأسد يكبح ويثبّط النصف الأيمن. وعندما يتداعى النصف الأيسر، تستطيع إمكانات النصف الأيمن غير المكبوحة أن تظهر.

والواقع أنّ الناس الذين لا يعانون من أي عجز يمكنهم أن يستفيدوا من تحرير أحد نصفَي الدماغ من النصف الآخر. إنّ كتاب بيتي إدواردز الشهير[7]، **الاعتماد على جانب الدماغ الأيمن**، المؤلَّف في العام 1979، أي قبل سنوات من اكتشاف ميلر، علّم الناس على الرسم بتطوير طرق لمنع نصف الدماغ الأيسر التحليلي اللفظي من كبح النزعات الفنية للنصف الأيمن. مُلهمةً بالبحث العلمي العصبي لريتشارد سبيري، علّمت إدواردز أنّ نصف الدماغ الأيسر "اللفظي"، و"المنطقي"، و"التحليلي"، يدرك الأشياء بطرق تتداخل فعلياً مع الرسم وتميل إلى إخضاع نصف الدماغ الأيمن الذي هو أفضل في الرسم. تمثّلت طريقة إدواردز الرئيسية في إخماد كبح نصف الدماغ الأيسر للنصف الأيمن بإعطاء الطالب مهمة سيكون النصف الأيسر عاجزاً عن فهمها وبالتالي "سيهمد". على سبيل المثال، جعلت إدواردز الطلاب يرسمون صورة لرسمٍ لبيكاسو بينما ينظرون إليه مقلوباً ووجدوا أنهم قد أنجزوه على نحوٍ أفضل مما فعلوا حين كان الرسم غير مقلوب. سيطوّر الطلاب براعةً مفاجئة للرسم بدلاً من اكتساب المهارة تدريجياً.

من وجهة نظر غرافمان، فإنّ قدرة ميشيل الفائقة على تسجيل الأحداث[8] تُعزَى ربما إلى عدم وجود نصف دماغٍ أيسر لتثبيط النصف الأيمن الذي اضطّلع بمهمة تسجيل الأحداث، كما يحدث عادةً بعد أن تكون النقطة الرئيسية قد استُخلصت ولا تعود التفاصيل مهمة غالباً.

بما أنّ هناك آلاف النشاطات الجارية في الدماغ في وقت واحد، فنحن بحاجة إلى قوى لتثبيط، وضبط، وتنظيم أدمغتنا من أجل أن نبقى عقلاء، ومنظّمين، ومتحكّمين بأنفسنا، كي لا "ننطلق في جميع الاتجاهات في الوقت نفسه". قد يبدو أنّ الشيء الأكثر إرعاباً بشأن اعتلال الدماغ هو أنه قد يمحو وظائف عقلية معينة. ولكنّ اعتلال الدماغ الذي يقودنا إلى إظهار نواحٍ من أنفسنا نتمنى لو أنها كانت غير موجودة هو مدمّر بنفس القدر. إنّ معظم الدماغ تثبيطي، وعندما نفقد ذلك التثبيط، فإنّ الدوافع والغرائز تظهر بكامل قوتها، لتشعرنا بالخزي وتدمّر علاقاتنا وأُسرنا.

استطاع غرافمان قبل عدة سنوات أن يحصل على السجلات من المستشفى التي أُدخِل إليها والده عندما أصيب بالسكتة الدماغية التي أدّت إلى فقده التثبيط ومن ثمّ إلى تدهوره النهائي. وقد اكتشف أنّ والده قد أصيب بالسكتة الدماغية في القشرة الجبهية الأمامية، وهي المنطقة التي أمضى غرافمان الربع الأخير من القرن الماضي يدرسها.

* * *

قبل أن أغادر، سأجول في معتزل ميشيل الداخلي. تقول ميشيل بفخر: "هذه غرفة نومي". وهي مطلية باللون الأزرق ومكدّسة بمجموعتها من الدببة المحشوّة، ميني وميكي ماوس، وباغز بني. وعلى رفوف كتبها هناك المئات من كتب نادي الحاضنات، وهي سلسلة تروق غالباً للفتيات قبل سنّ البلوغ. ولديها مجموعة من أشرطة كارول بيرنت وتحبّ الروك السهل من ستينيات وسبعينيات القرن الماضي. وبينما أرى الغرفة، أتساءل عن حياة ميشيل الاجتماعية. تشرح كارول بأنّ ميشيل نشأت مُحبّةً للوحدة، وقد أحبّت الكتب عوضاً عن الرفقة.

تقول لميشيل: "لم ترغبي بوجود الآخرين حولك". ظنّ واحدٌ من الأطباء أنها قد أظهرت بعضاً من السلوك التوحّدي، ولكنها لم تكن متوحّدة، ويمكنني أن

أرى أنها ليست كذلك. فهي لبقة، وتميّز قدوم الناس وذهابهم، كما أنها ودودة ومرتبطة بوالديها. وهي تتوق إلى الاتصال مع الناس وتشعر بالألم عندما لا ينظرون إليها مباشرةً في العين، كما يحدث غالباً عندما يصادف "الناس الطبيعيون" أناساً يعانون من عجز.

ولدى سماعها لتعليق أمها بشأن التوحّد، شرعت ميشيل في الكلام: "نظريتي هي أنني أحببت دوماً أن أكون بمفردي لأنني بهذه الطريقة لن أسبِّب أي إزعاج". لدى ميشيل ذكريات مؤلمة كثيرة بشأن محاولتها اللعب مع أطفال آخرين، لم يعرفوا كيف يلعبون مع شخصٍ بمثل عجزها، وتحديداً فرط حساسيتها للأصوات. وأسألها إن كان لديها أي أصدقاء من الماضي لا تزال تتواصل معهم إلى الآن.

تقول: "لا".

وهمس كارول برصانة: "لا، لا أحد".

سألتها إن كانت مهتمة بالاتفاق على موعد للقاء مع فتى.

أجابت: "لا، أبداً". لم تكن مهتمة بذلك أبداً.

"هل فكّرت أبداً بالزواج؟".

"لا أظنّ ذلك".

* * *

تتبع تفضيلات ميشيل وأذواقها ورغباتها نمطاً معيناً. فكتب نادي الحاضنات، وحسّ الدعابة البريئة لكارول بيرنت، ومجموعة الدببة المحشوّة، وكل شيء أراه في غرفة ميشيل الزرقاء هي جزءٌ من طور النموّ ذاك الذي يُعرَف باسم "الكُمون"، وهي الفترة الهادئة نسبياً التي تسبق عاصفة البلوغ وغرائزها المتفجّرة. بدا لي أنّ ميشيل قد أظهرت الكثير من الولع الخاص بفترة الكُمون، وأجد نفسي أتساءل ما إذا كان غياب فصّها الأيسر قد أثّر على نموّها الهرموني رغم أنها كانت امرأةً مكتملة النموّ. لعلّ هذه الأذواق هي نتيجة لتنشئتها المحمية، أو لعلّ عجزها عن فهم دوافع الآخرين قد قادها إلى عالمٍ تُهدَّأ فيه الغرائز وتكون فيه الدعابة لطيفة.

يعتقد والي وكارول، الوالدان العطوفان لطفلة تعاني من عجز، بأنهما يجب أن يقوما بالتحضيرات اللازمة لميشيل لتتابع حياتها بشكلٍ طبيعي بعد رحيلهما. وتبذل

كـــارول أقصى جهدها لتهيئة أشقاء ميشيل لمساعدها، كي لا تُترَك وحدها. تأمل كـــارول بأنّ ميشيل ستتمكّن من الحصول على وظيفة في دار الجنائز المحلي عندما تتقاعد المرأة التي تقوم بإدخال البيانات هناك.

احـــتمل والي وكـــارول همـــوماً ومآسيَ أخرى. كانت كارول قد أُصيبت بالـــسرطان. أما بيل شقيق ميشيل، والذي تصفه كارول بالباحث عن الإثارة، فقد تعـــرّض لحـــوادث كـــثيرة. ففي اليوم الذي انتُخب فيه رئيساً لفريق كرة القدم (الرغبــــــي)، قذفـــه زملاؤه في الهواء احتفالاً بالمَناسبة وسقط على رأسه كاسراً عـــنقه. لحـــسن الحظّ أنّ فريقاً جراحياً بارعاً أنقذه من شللٍ دائم. وبينما كانت كـــارول تخـــبرني كم حمدت الله على نجاة ابنها، نظرتُ إلى ميشيل. كانت هادئة بسكينة، وقد ارتسمت ابتسامةٌ على وجهها.

سألتها: "في ماذا تفكّرين يا ميشيل؟".

قالت: "أنا بخير".

"ولكنك تبتسمين؛ هل تجدين حديثنا مثيراً للاهتمام؟".

"نعم".

قالت كارول: "أنا أعرف في ماذا تفكّر".

قالت ميشيل: "في ماذا؟".

ردّت كارول: "بالجنّة".

"أظنّ ذلك، نعم".

قالـــت كارول: "تملك ميشيل إيماناً عميقاً. ومن نواحٍ كثيرة، هو إيمانٌ بسيط جداً. في كل مرة تفكّر ميشيل في الجنة، سترى هذه الابتسامة".

أنظـــرُ إلى ميـــشيل وأرى ابتسامةً تعكس ما تشعر به من سلام داخلي حين تفكّـــر في الجنة التي لا يوجد فيها إلا سعادة صافية، ولا وجود فيها للمرض على الإطلاق. مجرد سعادة.

ملحق 1

الدماغ المعدَّل ثقافياً

كما يشكّل الدماغ الثقافة،
كذلك تشكِّل الثقافة الدماغ

ما هي العلاقة بين الدماغ والثقافة؟

الإجابة التقليدية للعلماء هي أنّ الدماغ البشري، الذي ينبثق منه كل التفكير والفعـــل، يُنتِج الثقافة. ولكن بناءً على كل ما تعلّمناه بشأن اللدونة العصبية، فإنّ هذه الإجابة لم تعد ملائمة.

ليـــست الـــثقافة مُنتَجةً فقط بواسطة الدماغ، ولكنها أيضاً، وفقاً للتعريف، عبارة عن سلسلة من النشاطات التي تشكّل العقل. فيما يلي أحد التعريفات الهامة الـــتي توردها المعاجم لكلمة ثقافة *culture*: "تهذيب أو تطوير العقل، والقدرات، والـــسلوك، إلخ... والتحـــسين أو التنقيح من خلال التعليم والتدريب... تطوير وتنقـــيح العقـــل، والأذواق، والسلوك". نحن نصبح مُثقّفين من خلال تدرّبنا على نـــشاطات متـــنوّعة، مثل العادات، والفنون، وطرق التفاعل مع الناس، واستخدام التكنولوجيات، وتعلُّم الأفكار، والمعتقدات، والفلسفة، والدين.

لقـــد بيّنت لنا أبحاث اللدونة العصبية أنّ كل نشاط يُداوَم عليه – بما في ذلك النـــشاطات الجـــسدية، والنشاطات الحسّية، والتعلُّم، والتفكير، والتخيُّل – يغيّر الدماغ بالإضافة إلى تغييره للعقل. ليست النشاطات والأفكار الثقافية استثناءً لهذه القاعـــدة. تُعدَّل أدمغتنا من خلال النشاطات الثقافية التي نقوم بها – سواء أكانت

قـــراءةً، أو دراســـة موسيقى، أو تعلُّم لغات جديدة. نحن جميعاً نملك ما يمكن أن يُطلَــق عليه الدماغ المعدَّل ثقافياً، وبينما تتطوّر الثقافات، فهي تقود باستمرار إلى تغيُّرات جديدة في الدماغ. وكما يعبِّر ميرزنيتش عن ذلك: "تختلف أدمغتنا بشكلٍ هائـــل، في التفاصـــيل الدقـــيقة، عن أدمغة أسلافنا... في كل مرحلة من التطوُّر الـــثقافي... كـــان على الإنسان العادي أن يتعلّم قدرات ومهارات جديدة تشتمل جمـــيعاً علـــى تغيُّـــر دماغي هائل... يمكن لكل واحد منا أن يتعلّم فعلياً في حياته مجموعة معقّدة للغاية من القدرات والمهارات المطوّرة سلفياً، على نحوٍ يُحدث إعادة إبداعٍ لتاريخ التطوّر الثقافي هذا، عبر لدونة الدماغ"[(1)].

وهكذا فإنّ وجهة النظر الخاصة بالثقافة والدماغ على أساس اللدونة العصبية تقتـــضي طـــريقاً ثنائي الاتجاه: الدماغ والتركيب الوراثي للمرء يشكّلان الثقافة، ولكنّ الثقافة تشكّل الدماغ أيضاً. يمكن أن تكون هذه التغيّرات دراماتيكية أحياناً.

غجر البحر

غجـــر البحر هم بدوٌ يعيشون في مجموعة من الجزر الاستوائية في الأرخبيل البورمي وبُعيَد الساحل الغربـــي لتايلاند. هم قبيلة مترحّلة في المحيط، يتعلّم أفرادها الـــسباحة قـــبل أن يتعلّموا المشي، ويعيشون أكثر من نصف حياتهم في قوارب في البحـــر المفـــتوح، حـــيث غالباً ما يُولَدون ويموتون. وهم يبقون على قيد الحياة بحـــصادهم البطليـــنوس وخيار البحر. يغوص أطفالهم حتى عمق تسعة أمتار تقريباً تحـــت ســـطح الماء حيث يجمعون طعامهم، المشتمل على مقادير صغيرة من الحياة البحـــرية، وقد فعلوا ذلك لقرون. وحيث تعلّموا أن يخفضوا معدّل سرعة قلبهم، فبإمكانهم أن يبقوا تحت سطح الماء ضِعف الوقت الذي يبقاه معظم السابحين. وهم يفعلون ذلك بدون أية معدّات غطس. تغوص إحدى القبائل، وهي قبيلة سولو، في عمق 23 متراً تقريباً تحت سطح الماء بحثاً عن اللآلئ.

ولكـــنّ الشيء الذي يميّز هؤلاء الأطفال، في ما يتعلّق بأهداف دراستنا، هو أنهـــم يستطيعون أن يروا بوضوح عند هذه الأعماق الكبيرة، بدون نظارات وقاية. لا يستطيع معظم البشر أن يروا بوضوح تحت الماء لأنّ أشعة الشمس عندما تمرّ عبر الماء، "تنكسر"[(2)]، بحيث إنّ الضوء لا يسقط حيث يجب على شبكية العين.

درست آنا غيسلين، وهي باحثةٌ سويدية، قدرة غجر البحر على قراءة الإعلانات تحت الماء ووجدت أنّ مهارتهم في القراءة كانت أكثر من ضِعفَي مهارة الأطفال الأوروبيين[3]. تعلّم الغجر أن يتحكّموا بشكل عدساتهم، والأهمّ أنهم تعلّموا التحكّم بحجم حدقاتهم، حيث استطاعوا تضييقها بنسبة 22 بالمئة. وهذه نتيجة مدهشة لأنّ الحدقات البشرية تكبر تحت الماء بشكلٍ انعكاسي، وقد كان يُظنّ أنّ تكيّف حدقة العين هو فعلٌ منعكس صلبي ثابت يتمّ التحكّم به بواسطة الدماغ والجهاز العصبي[4].

إنّ قدرة غجر البحر على الرؤية تحت الماء ليست نتاج موهبة طبيعية وراثية فريدة. علّمت غيسلين منذ ذلك الحين الأطفال السويديين أن يضيّقوا حدقاتهم ليروا تحت الماء - وهو مثالٌ آخر للدونة الدماغ والجهاز العصبي يبيّن تأثيرات التدريب غير المتوقّعة التي تغيّر ما كان يُظنّ أنه دائرة كهربائية مُحكَمة غير قابلة للتغيير.

النشاطات الثقافية تغيّر تركيب الدماغ

إنّ قدرة غجر البحر على الرؤية بوضوح تحت الماء هي مجرّد مثالٍ واحد للكيفية التي يمكن بها للنشاطات الثقافية أن تغيّر دوائر الدماغ الكهربائية، لتقود في هذه الحالة إلى تغيُّر جديد ومستحيل على ما يبدو في الإدراك الحسّي. ورغم أنّ أدمغة الغجر يجب أن تخضع لمسحٍ أولاً، إلا أنّ لدينا بالفعل دراسات تُظهر تغييرَ النشاطات الثقافية لتركيب الدماغ. تتطلّب الموسيقى مجهوداً استثنائياً من الدماغ. فعازف البيانو الذي يعزف اللحن الحادي عشر من مقطوعة "باغانيني" السادسة لفرانز ليسزت يجب أن يعزف ألف وثمانمائة نغمة في الدقيقة[5]. أما الدراسات التي أجراها تاوب وآخرون على الموسيقيين الذين يعزفون على آلات وترية فقد أظهرت أنه كلما تدرّب هؤلاء الموسيقيون أكثر، تصبح خرائط الدماغ لأيديهم اليسرى الفاعلة أكبر، وتزداد العصبونات والخرائط التي تستجيب إلى جرس الأوتار[6]. وفي عازفي البوق، تزداد العصبونات والخرائط التي تستجيب إلى الأصوات "النحاسية"[7]. يُظهر تصوير الدماغ أنّ هناك عدة مناطق في أدمغة الموسيقيين - القشرة الحركية والمخيخ، ضمن مناطق أخرى - تختلف عن تلك لغير الموسيقيين.

يُظهر تصوير الدماغ أيضاً أنّ الموسيقيين الذين يبدأون العزف قبل عمر السابعة لديهم مناطق دماغية أكبر تربط بين نصفَي الدماغ[8].

يخبرنا المؤرِّخ الفني، جيورجيو فاساري، أنه عندما زخرف مايكل أنجلو جدران كنيسة سيستين، قام ببناء سقالة بعلوّ السقف تقريباً ورسم على مدى عشرين شهراً. وكما يكتب فاساري: "تمّ تنفيذ العمل في وضعٍ غير مريح للغاية، حيث اضطرّ مايكل أنجلو أن يقف ورأسه مُرتدٌّ للخلف، وهكذا فقد أضرّ ببصره حيث بقي لعدة شهور عاجزاً عن القراءة ودراسة التصاميم ما لم يكن رأسه في ذلك الوضع"[9]. قد تُمثّل هذه حالةً لدماغٍ يعيد تجديد اتصالاته الكهربائية، ليرى فقط في الوضع الشاذ الذي تكيّف معه. قد يبدو ادّعاء فاساري صعب التصديق، ولكنّ الدراسات تُظهر أنه عندما يضع الناس نظارات انقلاب منشورية تقلب العالم رأساً على عقب، فهم يجدون، بعد فترةٍ قصيرة، أنّ دماغهم يتغيّر و"تنقلب" مراكزهم الإدراكية الحسية، بحيث إنهم يرونَ العالم بوضعه الصحيح غير المقلوب ويقرأون الكتب وهي في وضعٍ مقلوب[10]. وعندما يخلعون النظارات، يرون العالم كما لو كان مقلوباً، إلى أن يتكيّفوا من جديد، كما فعل مايكل أنجلو.

ليست النشاطات "الرفيعة المستوى" وحدها هي التي تجدّد اتصالات الدماغ الكهربائية. يُظهر مسح الدماغ لسائقي سيارات الأجرة في لندن أنه كلما أمضى السائق سنوات أكثر جائلاً في شوارع لندن، زاد حجم حصينه، وهو جزء الدماغ الذي يخزّن التمثيلات المكانية[11]. يمكن حتى لنشاطات وقت الفراغ أن تغيّر أدمغتنا: تكون جزيرة رَيْل، وهي جزءٌ في قشرة الدماغ يُنشَّط من خلال الانتباه المركّز، ذات سماكة أكبر في أدمغة المتأمِّلين ومعلّمي التأمّل[12].

خلافاً للموسيقيين وسائقي سيارات الأجرة ومعلّمي التأمُّل، فإنّ غجر البحر يمثّلون حضارةً (ثقافةً) كاملة من الصيادين الحصّادين في البحر المفتوح، يشتركون جميعاً في قدرتهم على الرؤية بوضوح تحت الماء.

من شأن الأفراد في جميع الثقافات أن يشتركوا في نشاطات عامة معيّنة هي "نشاطات الثقافة الدليلية". الرؤية تحت الماء هي النشاط الدليلي لغجر البحر. وبالنسبة إلى أولئك منا الذين يعيشون في عصر المعلومات، فإنّ النشاطات الدليلية تشمل القراءة، والكتابة، والإلمام بالكمبيوتر، واستخدام الوسائل الإلكترونية.

تختلف النشاطات الدليلية عن النشاطات البشرية العامة مثل الرؤية، والسمع، والمشي، التي لا يتطلّب تطوّرها إلا حداً أدنى من الاستحثاث ويشترك فيها جميع الجنس البشري، حتى أولئك الذين لم يتربّوا في بيئة ثقافية أو حضارية معيّنة. تتطلّب النشاطات الدليلية تدريباً وخبرةً ثقافية وتقود إلى تطوير دماغ جديد ذي اتصالات كهربائية خاصة. تتيح لنا لدونة الدماغ أن نتكيّف مع نطاقٍ واسع من البيئات.

هل أدمغتنا "عالقة" في العصر البلستوسيني؟

أحد التفسيرات الشائعة للكيفية التي استطاعت بها أدمغتنا أن تؤدّي نشاطات ثقافية تمّ اقتراحه من قِبَل مجموعةٍ من الباحثين السيكولوجيين الذين جادلوا بأنّ جميع البشر يشتركون في نفس الوحدات الأساسية (أقسام في الدماغ)، أو عتاد الدماغ، وأنّ هذه الوحدات قد تطوّرت للقيام بمهامّ ثقافية محدّدة، بعضها للّغة، وبعضها لتصنيف العالم، وهكذا. تطوّرت هذه الوحدات في العصر "البلستوسيني" عندما كان الناس يعيشون كصيادين حصادين، وانتقلت وراثياً دون تغيير أساسي. وبما أننا جميعاً نشترك في هذه الوحدات، فإنّ الأوجه الأساسية للطبيعة البشرية والسيكولوجيا هي عالمية (عامة) إلى حدّ كبير. ويضيف هؤلاء الباحثون السيكولوجيون أنّ الدماغ البشري الراشد هو، بالتالي، غير متغيِّر تشريحياً منذ العصر البلستوسيني. هذه الإضافة مُبالَغٌ فيها لأنها لا تأخذ بعين الاعتبار اللدونة العصبية، التي هي جزءٌ من ميراثنا الجيني[13].

لقد كان دماغ الصياد الحصاد لدناً بقدر لدونة دماغنا، ولم يكن "عالقاً" في العصر البلستوسيني على الإطلاق، بل كان بالأحرى قادراً على تمييز تركيبه ووظائفه من أجل أن يستجيب للظروف المتغيّرة. والواقع، لقد كانت قدرة الدماغ تلك على تعديل نفسه هي التي مكّنتنا من الخروج من العصر البلستوسيني، وهي عملية يُطلق عليها عالم الآثار ستيفن ميثن اسم "المرونة المعرفية *cognitive fluidity*"، والتي سأجادل أنا بأنّ أساسها يكمن على الأرجح في لدونة الدماغ[14]. إنّ جميع وحداتنا الدماغية هي لدنة إلى حدّ معين ويمكن أن تتّحد وتتمايز في سياق حياتنا الفردية لتؤدّي عدداً من الوظائف، كما في تجربة باسكوال – ليون التي عصب فيها أعين الخاضعين للتجربة وأوضح أنّ فصّهم القذالي، الذي يعالج البصر عادةً،

استطاع أن يعالج الصوت واللمس أيضاً. إنّ التغيُّر التركيبي ضروري للتكيّف مع العالم الحديث، الذي يعرّضنا إلى أمور لم يضطّر أسلافنا الصيادون الحصادون إلى مواجهتها أبداً. تُظهر دراسة *fMRI* أننا نميّز السيارات والشاحنات بوحدة الدماغ نفسها التي نميّز بها الوجوه[15]. من الواضح أنّ دماغ الصياد الحصّاد لم يتطوّر لتمييز السيارات والشاحنات. يُرجّح أنّ وحدة الوجه كانت ملائمة على نحوٍ تنافسي للغاية لمعالجة هذه الأشكال - المصابيح الأمامية تشبه العينين، وغطاء المحرّك يشبه الأنف، والقضبان الحديدية في المقدِّمة (*grill*) تشبه الفم - بحيث إنّ الدماغ اللدن، مع قليلٍ من التدريب والتعديل التركيبي، استطاع أن يعالج شكل السيارة بجهاز التمييز الوجهي.

إنّ العديد من الوحدات الدماغية التي يجب أن يستخدمها الطفل للقراءة والكتابة والعمل على الكمبيوتر قد تطوّرت قبل ألف سنة من معرفة القراءة والكتابة التي لا يتجاوز عمرها عدة آلاف من السنوات فقط. كان انتشار معرفة القراءة والكتابة سريعاً جداً بحيث لم يكُن ممكناً للدماغ أن يطوِّر وحدة وراثية الأساس للقراءة بوجه خاص. لا تنسَ أنه يمكن تعليم القراءة لقبائل الصيادين الحصادين الأمّيين في جيلٍ واحد، ومن المستحيل أن تكون القبيلة بأكملها قد طوّرت جيناً لوحدة خاصة بالقراءة في فترة محدودة كتلك. عندما يتعلّم الطفل اليوم أن يقرأ، فهو يُلخِّص المراحل التي اجتازها الجنس البشري. تعلّم البشر قبل ثلاثين ألف سنة أن يرسموا على جدران الكهوف، وهو ما تطلّب تشكيل وتقوية الروابط بين الوظائف البصرية (التي تعالج الصور) والوظائف الحركية (التي تحرّك اليد). وتُبِعت هذه المرحلة في العام 3000 قبل الميلاد تقريباً باختراع الهيروغليفية، حيث استُخدمت صورٌ بسيطة موحّدة لتمثيل الأشياء - ليس تغيُّراً كبيراً. ثمّ حُوِّلت هذه الصور الهيروغليفية إلى أحرف، وتمّ تطوير الألفباء اللفظية الأولى لتمثيل الأصوات بدلاً من الصور البصرية. تطلّب هذا التغيير تقوية الاتصالات العصبونية بين الوظائف المختلفة التي تعالج صور الأحرف، وأصواتها، ومعانيها، بالإضافة إلى الوظائف الحركية التي تحرّك العينين عبر الصفحة.

وكما اكتشف ميرزنيتش وطلال، يمكن لمسح الدماغ أن يُظهر دوائر كهربائية خاصة بالقراءة. وبالتالي، فإنّ النشاطات الثقافية الدليلية أدّت إلى نشوء

دوائر كهربائية دماغية دليلية لم تكن موجودة في أسلافنا. ووفقاً لميرزنيتش: "تختلف أدمغتنا عن تلك لجميع البشر قبلنا... تُعدَّل أدمغتنا على مقياس ضخم، فيزيائياً ووظيفياً، في كل مرة نتعلّم مهارةً جديدة أو نطوِّر قدرة جديدة. تترافق التغيّرات الضخمة مع تخصُّصاتنا الثقافية الحديثة"[16]. ورغم أننا، نتيجةً للدونة الدماغ، لا نستخدم مناطق الدماغ نفسها كي نقرأ، إلا أنّ هناك دوائر كهربائية نموذجية للقراءة، وهو دليلٌ فيزيائي على أنّ النشاط الثقافي يقود إلى تراكيب دماغية معدَّلة.

لماذا أصبح البشر حاملين متفوّقين للثقافة؟

بإمكان المرء أن يسأل بحق: "**لماذا** استطاع البشر وحدهم أن يطوّروا ثقافةً (حضارة)، ولم تستطع الحيوانات ذلك رغم امتلاكها أيضاً لأدمغة لدنة؟ صحيحٌ أنّ الحيوانات، مثل الشمبانزي، تملك أشكالاً بدائية من الثقافة ويمكنها أن تصنع أدوات وتعلّم ذريتها على استخدامها أيضاً، أو أن تؤدّي عمليات بدائية بالرموز، ولكنها محدودة جداً. وكما يشير عالم الأعصاب روبرت سابولسكي، تكمن الإجابة في اختلاف جيني طفيفٍ جداً بيننا وبين الشمبانزي[17]. نحن نشترك في 98 بالمئة من حمضنا النووي الريبي المنقوص الأكسجين *DNA* مع الشمبانزي. مكّن مشروع الخريطة الجينية البشرية العلماءَ من أن يحدّدوا بدقة الجينات المختلفة، وتبيّن أنّ واحداً منها هو جينٌ يحدّد عدد العصبونات المُشكَّلة. إنّ عصبوناتنا متطابقة أساساً مع تلك للشمبانزي وحتى مع تلك للحلازين البحرية. تبدأ جميع عصبوناتنا، في المرحلة الجنينية، من خلية وحيدة، تنقسم لتصبح اثنتين، ومن ثمّ أربع، وهكذا. يحدّد جينٌ تنظيمي متى تتوقّف عملية الانقسام تلك، وهذا الجين هو الذي يختلف بين الإنسان والشمبانزي. تستمرّ تلك العملية ما يكفي من الدورات إلى أن يصبح عدد العصبونات في الإنسان حوالى 100 مليار عصبون. ولكنها تتوقّف قبل بضع دورات في الشمبانزي، بحيث إنّ حجم دماغه يعادل ثلث حجم دماغ الإنسان. إنّ دماغ الشمبانزي لدن، ولكنّ الاختلاف الكمّي المحض بين دماغنا ودماغ الشمبانزي يقود إلى "عدد أكبر تصاعدياً من التفاعلات بين العصبونات"، لأنّ كل عصبون يمكن أن يتصل بآلاف الخلايا.

وكما أشار العالم جيرالد إدلمان، فإنّ قشرة الدماغ في الإنسان تشتمل وحدها على 30 مليار عصبون وهي قادرة على إحداث مليون مليار اتصال مشبكي. يكتب إدلمان: "إذا تأمّلنا عدد الدوائر الكهربائية العصبية الممكنة، فسنتعامل مع أرقامٍ ضخمة إلى حدّ لا يُصدَّق: الرقم 10 متبوع بمليون صفر على الأقل (إنّ عدد الجسيمات في الكون المعروف هو 10 متبوع بـ 79 صفراً تقريباً)"[18]. تفسّر هذه الأرقام المذهلة لماذا يمكن وصف الدماغ البشري على أنه الشيء الأعقد المعروف في الكون، ولماذا هو قادرٌ على التغيّر التركيبي المجهري الضخم المستمر، وقادر على أداء وظائف عقلية مختلفة وأنواع من السلوك، بما فيها نشاطاتنا الثقافية المختلفة.

طريقة جديدة لتعديل التراكيب الحيوية

تُنشئ اللدونة طريقةً جديدة لتقديم تراكيب دماغية حيوية جديدة في الأفراد. عندما يقرأ والدٌ أو والدة، فإنّ التركيب المجهري لدماغه أو دماغها يتغيّر. يمكن تعليم القراءة للأطفال، وهي تغيّر التركيب الحيوي لأدمغتهم.

يتغيّر الدماغ بطريقتين. تُعدَّل التفاصيل الدقيقة للدوائر الكهربائية التي تربط وحدات الدماغ معاً – ليس أمراً سهلاً. ولكنّ الوحدات الدماغية الأصلية للصيادين الحصادين تُعدَّل هي أيضاً، لأنّ التغيُّر في منطقة أو وظيفة، في الدماغ اللدن، "يتدفّق" عبر الدماغ، ليعدِّل نموذجياً الوحدات المتصلة بها.

وضّح ميرزنيتش أنّ التغيُّر في القشرة السمعية – زيادة معدّلات الاتقاد (إطلاق الإشارات الكهربائية) – يقود إلى تغيّرات في الفصّ الجبهي المتّصل بها، وهو يقول: "لا يمكنك أن تغيِّر القشرة السمعية الأساسية دون تغيير ما يحدث في القشرة الجبهية. هذا أمرٌ مستحيل حتماً". ليس لدى الدماغ مجموعة من قوانين اللدونة لجزء منه ومجموعة أخرى لجزء آخر. (لو كان الأمر كذلك، فإنّ الأجزاء المختلفة من الدماغ لن تكون قادرةً على التفاعل بعضها مع بعض). عندما ترتبط وحدتان بطريقة جديدة في نشاط ثقافي – كما عندما تربط القراءة الوحدتَين البصرية والسمعيّة كما لم يحدث أبداً من قبل – فإنّ الوحدتَين لكلتا الوظيفتين تتغيّران بواسطة التفاعل، وينشأ عن ذلك كلٌّ تام جديد أكبر من مجموع جزءيه.

إنّ وجهة النظر التي تأخذ اللدونة والتمركزية في عين الاعتبار ترى الدماغ كجهاز معقّد تُشكّل فيه، كما يجادل جيرالد إدلمان، "الأجزاء الأصغر مجموعةً غير متجانسة من المكوِّنات المستقّلة تقريباً. ولكن عندما تتّصل هذه الأجزاء معاً في تكتُّلات أكبر فأكبر، فإنّ وظائفها تميل لأن تصبح متكاملة، مؤدّيةً إلى وظائف جديدة تعتمد على تكاملٍ أعلى رتبة"[19].

وعلى نحوٍ مماثل، عندما تعجز وحدة دماغية عن أداء وظيفتها، فإنّ الوحدات الأخرى المتصلة بها تُعدَّل. عندما نخسر حاسةً - السمع مثلاً - فإنّ الحواسّ الأخرى تصبح أكثر فاعلية وحدّة للتعويض عن الخسارة. ولكنها لا تزيد **كمية** معالجتها فحسب، بل أيضاً **النوعية**، لتصبح أكثر شبهاً بالحاسة المفقودة. وجد الباحثان باللدونة هيلين نيفيل ودونالد لاوسون (قاسا معدّلات الاتّقاد العصبوني لتحديد قطاعات الدماغ الفعالة) أنّ الصمّ يزيدون من حدّة رؤيتهم المحيطية للتعويض عن حقيقة أنهم لا يستطيعون سماع الأشياء الواردة إليهم عن بُعد[20]. يستخدم الناس الذين يستطيعون السمع قشرهم الجدارية، قرب أعلى الدماغ، لمعالجة الرؤية المحيطية، بينما يستخدم الصمّ قشرهم البصرية في مؤخّرة الدماغ. إنّ التغيُّر في وحدة دماغية - نقص في الخرج هنا - يقود إلى تغيُّر تركيبي ووظيفي في وحدة دماغية أخرى، بحيث إنّ أعين الصمّ تعمل على نحوٍ أكثر شبهاً بالآذان، وتكون قادرةً أكثر على استشعار المحيط.

اللدونة والتسامي: كيف نهذِّب غرائزنا الحيوانية؟

إنّ مبدأ أنّ الوحدات العاملة معاً تعدِّل بعضها بعضاً قد يفيد أيضاً في شرح كيف يمكن لنا أن نمزج غرائز الافتراس والهيمنة البهيمية (المعالَجة بواسطة الوحدات الغريزية) مع نزعاتنا المعرفية العقلية (المعالَجة بواسطة وحدات الذكاء)، كما نفعل في الرياضة أو الألعاب التنافسية، مثل الشطرنج، أو في المنافسات الفنية، لابتكار نشاطات تعبّر عن الصفات الغريزية والفكرية على حدّ سواء في نشاط واحد.

يُطلَق على هذا النوع من النشاط اسم "التسامي"، وهو حتى الآن عملية غامضة يتمّ من خلالها "تهذيب" الغرائز الحيوانية البهيمية. إنّ الكيفية التي يحدث بها

التسامي كانت دائماً لغزاً. من الواضح أنّ الأبوّة تشتمل على جزءٍ كبير من "تهذيب" الأطفال بتعليمهم أن يكبحوا أو يوجّهوا هذه الغرائز إلى تعابير مقبولة، كما في ألعاب الرياضة التلامسية، وألعاب الكمبيوتر والشطرنج وما شابه، والمسرح، والأدب، والفنّ. في ألعاب الرياضة العنيفة، مثل كرة القدم، والهوكي، والملاكمة، غالباً ما يُعبِّر المعجبون عن أمانيهم الوحشية هذه ("اقتله! اسحقه!"، وغير ذلك)، ولكنّ قوانين التهذيب تُعدِّل تعبير الغريزة، بحيث إنّ المعجبين يغادرون راضين إذا ربح فريقهم نقاطاً كافية.

لأكثر من قرن، سلّم المفكّرون المتأثّرون بداروين بأننا نملك في داخلنا غرائز حيوانية بهيمية، ولكنهم عجزوا عن تفسير كيف يمكن أن تتسامى هذه الغرائز. قسم علماء أعصاب القرن التاسع عشر، مثل جون هغلينغز وفرويد، متّبعين داروين، الدماغَ إلى أجزاء "سفلى" نشترك فيها مع الحيوانات وتعالِج غرائزنا الحيوانية البهيمية، وأجزاء "عليا" بشرية على نحوٍ فريد يمكنها أن تثبّط تعبير بهيميتنا. وبالفعل، اعتقد فرويد أنّ التهذيب يستندُ إلى التثبيط الجزئي للغرائز الجنسية والعدوانية. واعتقد أيضاً أننا يمكن أن نتمادى في كبح غرائزنا، ما يقودنا إلى الإصابة بالعُصابات. تمثّل الحلّ المثالي في التعبير عن هذه الغرائز بطرقٍ كانت مقبولةً وحتى مُكافأةً من قبَل الغير، وهو ما كان ممكناً لأنّ الغرائز، بسبب لدونتها، يمكن أن تغيّر هدفها. أطلق فرويد على هذه العملية اسم التسامي، ولكنه لم يشرح أبداً كيف يمكن بالضبط لغريزةٍ أن تُحوَّل إلى شيء أكثر ارتباطاً بالعقل.

يحلّ الدماغ اللدِن لغز التسامي. فالمناطق التي تطوّرت لأداء مهام الصياد الحصّاد مثل مطاردة فريسة، يمكنها أن تتسامى، بسبب لدونتها، إلى ألعاب تنافسية لأنّ أدمغتنا قد تطوّرت لتربط وحدات ومجموعات عصبونية بطرقٍ جديدة. ما من سببٍ يمنع العصبونات من أجزاء غريزية من أدمغتنا من الاتصالٍ بالأجزاء المعرفية العقليةً وبمراكز اللذة، بحيث إنها تصبح فعلياً متصلة معاً لتشكّل وحدات كاملة جديدة.

إنّ هذه الوحدات الجديدة هي أكثر من مجموع أجزائها ومختلفة عنها. تذكّرْ أنّ ميرزنيتش وباسكوال - ليون قد جادلا بأنّ القانون الأساسي للدونة الدماغ هو أنه عندما تبدأ منطقتان بالتفاعل، **فهما تؤثّران إحداهما في الأخرى وتشكّلان**

وحدة كاملة جديدة. عندما تتصل غريزة، مثل مطاردة فريسة، مع نشاط متحضِّر، مـــثل إربـــاك المنافس في لعبة الشطرنج، وتتّصل أيضاً الشبكات العصبونيّة للغريزة والنشاط الفكري، فإنّ النشاطين يبدوان أنهما يلطّفان أحدهما الآخر – لم يعد لعب الشطرنج متعلقاً بالمطاردة العنيفة للفريسة، رغم أنه لا يزال يتّسم ببعض انفعالات الصيد المثيرة. إنّ الانقسام بين الغريزية "السفلى" والعقلية "العليا" يبدأ في الاختفاء. في كـــل مـــرة تحـــوّل المناطق السفلى والمناطق العليا بعضها بعضاً لإنشاء كلٍّ تام جديد، يمكننا أن نطلق على العملية اسم التسامي.

إنّ الـــتهذيب (التحـــضُّر) هو سلسلة من التقنيات التي يعلّم بها دماغ الصياد الحصّاد نفسه تجديدَ اتصالاته الكهربائية. أما البرهان المؤسف على أنّ التحضُّر هو مُركّبٌ من الوظائف الدماغية العليا والسفلى فيمكن رؤيته عندما ينهار التحضُّر في الحروب الأهلية، وتظهر الغرائز البهيمية بكامل قوتها ويشيع النهب، والاغتصاب، والتدمير، والقتل. ونظراً لأنّ الدماغ اللدن يمكنه دوماً أن يتيح لوظائف الدماغ التي جمعها معاً أن تنفصل، فإنّ الارتداد إلى الهمجية هو دائماً ممكن، وسيكون التحضُّر دوماً مسألة ضعيفة يجب تعليمها لأفراد كل جيل.

عندما "يعلق" الدماغ بين ثقافتين (حضارتين)

إنّ الدماغ المعدَّل ثقافياً يخضع لتناقض اللدونة العصبية (المُناقَش في الفصل 9، "تحـــويل أشـــباحنا إلى أســـلاف")، الذي يمكنه أن يجعلنا إما أكثر مرونةً أو أكثر صلابةً – وهي مشكلة رئيسية عندما نغيّر الثقافات، في عالمٍ متعدّد الثقافات.

تُعتبَـــر الهجرة صعبةً على الدماغ اللدن. إنّ عملية تعلُّم الثقافة – التثاقف – هـــي تجربة "جمعية *additive*" تشتمل على تعلُّم أشياء جديدة وإحداث اتصالات عصبونية جديدة بينما "نكتسب" الثقافة. تحدث اللدونة الجمعية عندما يشتمل تغيُّر الـــدماغ على النموّ. ولكنّ اللدونة هي تجربة "طرحية *subtractive*" أيضاً، ويمكن أن تـــشتمل علـــى "الإزالة"، كما يحدث عندما يشذّب دماغ المراهق العصبونات، وعـــندما تُفقَد الاتصالات العصبونية غير المستخدَمة. في كل مرةٍ يكتسب الدماغ اللـــدن ثقافةً ويستعملها على نحوٍ متكرِّر، تكون هناك ضريبة: يفقد الدماغ بعض التركيب العصبـــي في العملية، لأنّ اللدونة تنافسية.

أجـــرت باتريـــشيا كـــول في جامعة واشنطن في سياتل دراسات تستند إلى موجات الدماغ أظهرت أنّ الأطفال الرضّع قادرون على سماع **أي** فارقٍ صوتي في جميع لغات الجنس البشري التي يُقدَّر عددها بالآلاف. ولكن بمجرد أن تنتهي الفترة الحـــرجة لـــتطوّر القشرة السمعية، فإنّ الرضيع الذي تربّى في ثقافة وحيدة يفقد القـــدرة علـــى سمـــاع العديد من هذه الأصوات، ويتمّ تشذيب العصبونات غير المـــستعملة، إلى أنّ تسود لغة ثقافة الطفل على خريطة الدماغ. وعند هذه المرحلة، يـــصفّي الـــدماغ الآلاف من الأصوات. يمكن لرضيعٍ ياباني عمره ستة شهور أن يسمع الفارق الصوتي بين حرفي r,l تماماً كما يفعل الرضيع الأميركي. ولكنه يعجز عـــن فعل ذلك حين يبلغ عمره السنة. ولكن إذا هاجر ذلك الطفل لاحقاً، سيجد صعوبةً في سماع وتكلّم الأصوات الجديدة على نحوٍ صحيح.

الهجـــرة، بشكلٍ عام، هي تدريبٌ قاسٍ لامنته للدماغ الراشد، حيث تتطلّب تجديـــداً هائلاً للاتصالات الكهربائية لأجزاءٍ كبيرةٍ من عقارنا القشري. وهذا أمرٌ أصـــعب بكثير من مجرّد تعلُّم أشياء جديدة، لأنّ الثقافة الجديدة هي في تنافسٍ لدن مـــع الشبكات العصبية التي مرّت بفترات تطوّرها الحرجة في الأرض الأمّ. يتطلّب الاســـتيعاب الناجح، مع بعض الاستثناءات، جيلاً واحداً على الأقلّ. إنّ الأطفال المهاجرين الذين يمرّون بفتراتهم الحرجة في الثقافة الجديدة هم وحدهم الذين يمكنهم أن يأملـــوا بأن يجدوا الهجرة أقلّ إرباكاً وصدماً. أما بالنسبة إلى معظم الناس، فإنّ صدمة الثقافة هي صدمةٌ للدماغ[21].

إنّ الاخـــتلافات الثقافية راسخةٌ جداً لأنّ ثقافتنا الأمّ تصبح، بعد أن نتعلّمها وتثـــبت دوائـــرها الكهربائية في أدمغتنا، "طبيعةً ثانية"، حيث تبدو "فطريةً" بقدر العديـــد من الغرائز الأخرى التي وُلدنا بها. إنّ الأذواق التي تنشئها ثقافتنا – في ما يتعلق بالأطعمة، ونوعِ العائلة، والحبّ، والموسيقى – غالباً ما تبدو "فطرية"، رغم أنهـــا قد تكون أذواقاً مكتسبة. إنّ الطرق التي نتواصل بها لالفظياً – على أيّ بُعدٍ نقف من الآخرين، وإيقاع كلامنا وعلوّ صوتنا، وكم ننتظر قبل أن نقاطع أحدهم في محادثـــة – تـــبدو جميعاً "فطريةً" بالنسبة لنا لأنها مُحكَمة الدوائر الكهربائية في أدمغتنا. عندما نغيّر الثقافات، نحن نُصدَم بحقيقة أنّ هذه العادات ليست فطريةً على الإطلاق. وبالفعل، حتى عندما نقوم بتغييرٍ بسيط، مثل الانتقال إلى منـــزلٍ جديد،

نحـــن نكتشف أنّ شيئاً أساسياً مثل حسّنا بالمكان، الذي يبدو فطرياً للغاية بالنسبة إلينا، والكثير من العادات التي لم نكن حتى مدركين لها، يجب أن تُعدَّل ببطء بينما يجدّد الدماغ اتصالاته الكهربائية.

الإحساس والإدراك يتّسمان باللدونة

التعلُّم الإدراكي الحسّي هو ذلك النوع من التعلّم الذي يحدث في كل مرةٍ يـــتعلّم الـــدماغ كـــيف يدرك بحدة أكثر أو بطريقة جديدة، كما يحدث في غجر البحـــر، ويطـــوِّر خـــلال العملية تراكيب وخرائطَ دماغية جديدة. يشترك التعلُّم الإدراكي الحسّي أيضاً في التغيُّر التركيبـــي المستند إلى اللدونة الذي يحدث عندما يساعد برنامج **فاست فورورد**، الذي ابتكره ميرزنيتش، الأطفالَ الذين يعانون من مـــشاكل تمييـــز سمعي على تطوير خرائط دماغية منقّحة، بحيث إنهم يستطيعون أن يسمعوا كلاماً طبيعياً للمرة الأولى.

افتُرِض منذ زمنٍ طويل أننا نستوعب الثقافة من خلال معدّات إدراكية حسّية بـــشرية قياسية عامة، ولكنّ التعلُّم الإدراكي الحسّي يُظهر أنّ هذا الافتراض ليس دقيقاً كلياً. **تحدِّد الثقافة، إلى درجةٍ أكبر مما ظنّنا، ما نستطيع وما لا نستطيع أن ندركه (نفهمه).**

كان الكندي مرلين دونالد، الاختصاصي في علم الأعصاب المعرفي، من أوائل الـــناس الـــذين بدأوا يفكّرون في الكيفية التي يجب أن تغيّر بها اللدونةُ الطريقةَ التي نفكّـــر فـــيها في الثقافة. جادل دونالد في العام 2000 بأنّ الثقافة تغيِّر بناءنا المعرفي الوظيفي[22]، ما يعني أنّ الوظائف العقلية، كما هو الحال في تعلُّم القراءة والكتابة، يُعاد تنظيمها. نحن نعرف الآن أنه من أجلِ أن يحدث هذا، فإنّ التراكيب التشريحية يجـــب أن تتغيّر أيضاً. جادل دونالد أيضاً بأنّ النشاطات الثقافية المعقّدة مثل تعلُّم القـــراءة والكتابة واللغة تغيّر وظائف الدماغ، ولكنّ وظائف الدماغ الأساسية مثل البصر والذاكرة لا تُعدَّل. وبتعبير دونالد: "لا أحد يقترح بأنّ الثقافة تحدِّد أيّ شيء أساسي بشأن البصر أو القدرة الادّكارية الأساسية. ولكن من الواضح أنّ هذا ليس صـــحيحاً في ما يتعلق بالبناء الوظيفي لمعرفة القراءة والكتابة، وليس صحيحاً على الأرجح في ما يتعلق باللغة".

ومــع ذلــك، بــات واضحاً في السنوات التي تلت تلك المقالة، أنّ وظائف الــدماغ الأساســية مــثل المعالجة البصرية والقدرة الادّكارية تتّسم أيضاً باللدونة العصبية إلى حدّ ما. إنّ فكرة أنّ الثقافة قد تغيّر نشاطات دماغية أساسية مثل البصر والإدراك الحــسّي هــي فكرة متطرّفة. وفي حين أنّ معظم العلماء الاجتماعيين - المتخصِّــصين بعلــم الإنسان، والمتخصّصين بعلم الاجتماع، والعلماء النفسيين - يــسلّمون بأنّ الثقافات المختلفة تفسّر العالم على نحوٍ مختلف، إلا أنّ معظم العلماء والــناس العاديين (غير المختصّين) قد افترضوا لعدة آلافٍ من السنين - كما يعبّر عــالم النفس الاجتماعي في جامعة ميتشيغان، ريتشارد إ. نيسبيت - أنّ "اختلاف الناس في ثقافةٍ ما عن أولئك في ثقافةٍ أخرى من حيث المعتقدات لا يمكن أن يُعزَى إلى امــتلاكهم لعمليات معرفية مختلفةً. بل لا بدّ من عزو ذلك إلى تعرُّضهم لأوجه مخــتلفة مــن العالم أو لتعلُّمهم أشياء مختلفة"[23]. أظهر جان بياغت، أشهر علماء نفــس منتــصف القرن العشرين الأوروبيين، في سلسلة من التجارب البارعة على أطفــال أوروبيين، أنّ الإدراك والاستنباط يتكشّفان أثناء النموّ بالطريقة نفسها في جمــيع البشر، وأنّ هاتين العمليّتين عامّتان. صحيحٌ أنّ العلماء، والرحّالة، والعلماء بعلــم الإنــسان (الأنثــروبولوجيين) قــد لاحظوا منذ زمنٍ طويل أنّ الشرقيين (الآســيويين المتأثّــرين بالتقاليد الصينية) والغربيين (ورثة تقاليد الإغريق القدماء) يدركــون الأشــياء بطرقٍ مختلفة[24]، ولكنّ العلماء افترضوا أنّ هذه الاختلافات كانــت مبنــيةً علــى **تفسيرات** مختلفة لما يُرى، وليس على اختلافات مجهرية في معدّاتهم وتراكيبهم الإدراكية الحسّية.

على سبيل المثال، كان مُلاحَظاً غالباً أنّ الغربيين يقاربون العالم "تحليلياً"[25]، مُقــسِّمين مــا يلاحظــونه إلى أجزاء فردية، بينما يميل الشرقيون إلى مقاربة العالم بطريقة "شمولية" أكثر، مدركين الأشياء بالنظر إلى "الكلّ التام"[26]، والتأكيد على ترابط الأشياء. لوحظ أيضاً أنّ الأساليب المعرفية المختلفة للغرب التحليلي والشرق الشمولي توازي الاختلافات بين النصفين الأيسر والأيمن للدماغ. من شأن النصف الأيــسر أن يــؤدّي معالجــة تحليليةً وتعاقبية، بينما ينهمك النصف الأيمن غالباً في معالجــة آنــية وشمولية[27]. هل كانت هذه الطرق المختلفة لرؤية العالم مبنيةً على تفسيرات مختلفةً لما يُرى، أو هل كان الشرقيون والغربيون يرون فعلياً أشياء مختلفة؟

كانت الإجابة غير واضحة لأنّ جميع دراسات الإدراك الحسّي تقريباً أُجريت بواسطة أكاديميين غربيين على أناسٍ غربيين - هم، نموذجياً، طلاب الجامعات الأميركيون - إلى أن صمّم نيسبيت تجارب لمقارنة الإدراك الحسّي بين الشرق والغرب، عاملاً مع زملاء له في الولايات المتحدة، والصين، وكوريا، واليابان. وقد قام بتجاربه على مضض لأنه اعتقد أننا جميعاً ندرك ونستنبط بالطريقة نفسها[28].

في تجربةٍ نموذجية، قام تيك ماسودا الياباني، وهو تلميذ نيسبيت، بعرض ثمانية رسومٍ متحرّكة ملوّنة لأسماك تسبح تحت الماء على طلاب في الولايات المتحدة واليابان. اشتمل كل مشهد على "سمكة مركزية" كانت أسرع حركةً، أو أكبر حجماً، أو أسطع لوناً، أو أكثر بروزاً من الأسماك الأخرى التي كانت تسبح معها.

وحين طُلب منهم أن يصفوا المشهد، كان الأميركيون عادةً يشيرون إلى السمكة المركزية. أما اليابانيون فقد أشاروا إلى الأسماك الأقلّ بروزاً، وإلى صخور الخلفية، والنباتات، والحيوانات أكثر مما فعل الأميركيون بنسبة 70 بالمئة غالباً. ثمّ عُرضت هذه الأشياء على الخاضعين للتجربة بمفردها، وليس كجزء من المشهد الأصلي. ميّز الأميركيون جميع الأشياء بغضّ النظر عمّا إذا كانوا قد رأوها في المشهد الأصلي أم لا. أما اليابانيون فقد كانوا قادرين على تمييز الشيء بشكلٍ أفضل إذا كانوا قد رأوه أساساً في المشهد الأصلي. كان اليابانيون يدركون الشيء على أساس الأشياء "المحيطة" به. قاس نيسبيت وماسودا أيضاً سرعة الخاضعين للتجربة في تمييز الأشياء، وهو اختبار لمدى **آلية** معالجتهم الإدراكية الحسّية. عندما وُضعت الأشياء نفسها مقابل خلفية جديدة، ارتكب اليابانيون أخطاء، بينما لم يُخطئ الأميركيون. إنّ أوجه الإدراك هذه لا تخضع لسيطرتنا الشعورية وتعتمد على الدوائر الكهربائية العصبونية المدرّبة وخرائط الدماغ.

تؤكّد هذه التجارب والعديد من التجارب الأخرى المشابهة لها أنّ الشرقيين يدركون الأشياء شمولياً، ناظرين لها كأشياء مرتبطة بعضها ببعض وموجودة ضمن سياق، بينما يدركها الغربيون كأشياء منعزلة. يرى الشرقيون من خلال عدسة متّسعة الزاوية، بينما يستخدم الغربيون عدسة ضيّقة ذات بؤرة أكثر حدّة. إنّ كل شيء نعرفه عن اللدونة يقترح أنّ طرق الإدراك المختلفة هذه، والمكرّرة مئات المرات في اليوم في تدريب مكثّف، يجب أن تقود إلى تغيُّرات في الشبكات العصبية

المسؤولة عن الإحساس والإدراك. يمكن لمسح الدماغ العالي درجة الوضوح للشرقيين والغربيين أثناء إحساسهم وإدراكهم أن يحسم الأمر على الأرجح.

تؤكّد تجارب أخرى أجراها فريق نيسبيت أنه عندما يغيّر الناس الثقافات، فهم يتعلّمون أن يدركوا الأشياء بطريقة جديدة[29]. بعد أن أمضوا عدة سنوات في أميركا، بدأ اليابانيون يدركون الأشياء بطريقة لا يمكن تمييزها عن طريقة الأميركيين، وبالتالي فإنّ الاختلافات الإدراكية الحسّية ليست مبنيةً على التركيب الوراثي للمرء. يدرك أطفال المهاجرين الآسيويين الأميركيين الأشياء بطريقة تعكس كلتا الثقافتين[30]. ونظراً لأنهم خاضعون لتأثيرات شرقية في البيت وتأثيرات غربية في المدرسة وأماكن أخرى، فهم يعالجون المشاهد أحياناً بصورة شمولية، بينما يركّزون أحياناً أخرى على الأشياء البارزة. تُظهر دراسات أخرى أنّ الناس الذين تربّوا في بيئات ثنائية الثقافة يُناوِبون فعلياً بين الإدراك الشرقي والغربي[31]. يمكن لشعب هونغ كونغ، كونه خضع للتأثيرات البريطانية والصينية على حدّ سواء، أن "يُعَدّ" ليدرك الأشياء بأسلوب شرقي أو غربي من خلال تجارب تُريه صورةً غربية لميكي ماوس أو الكابيتول الأميركي، أو صورةً شرقية لمعبد أو تنّين. وهكذا فإنّ نيسبيت وزملاءه يقومون بالتجارب الأولى التي توضّح "التعلُّم الإدراكي الحسّي" الثقافي التقاطع.

يمكن للثقافة أن تؤثّر في تطوُّر التعلُّم الإدراكي الحسّي لأنّ الإدراك الحسّي ليس (كما يفترض الكثيرون) عمليةً سلبية تبدأ عندما تبلغ الطاقة في العالم الخارجي مستقبلات الحسّ، ومن ثمّ تنقل الإشارات الكهربائية إلى مراكز الإدراك الحسّي "الأعلى" في الدماغ. إنّ الدماغ المدرِك هو فعّالٌ ومتكيِّفٌ على الدوام. والنظر فعّالٌ بقدر اللمس، عندما نُمرّ أصابعنا على شيء لنكتشف قوامه وشكله. وبالفعل، تعجز العين الساكنة فعلياً عن إدراك شيء معقّد[32]. تشترك قشرتنا الحسّية وقشرتنا الحركية على حدّ سواء في عملية الإدراك دائماً[33]. وقد أظهر عالما الأعصاب، مانفرد فاهل وتوماسو بوغيو، تجريبياً أنّ المستويات "الأعلى" للإدراك الحسّي تؤثّر في الطريقة التي يتطوّر بها تغيُّر اللدونة العصبية في الأجزاء الحسّية "الأدنى" للدماغ[34].

إنّ حقيقة أنّ الثقافات تختلف في الإدراك الحسّي ليست برهاناً على أنّ "كل شيء هو نسبي"، عندما يتعلق الأمر بالإدراك. من الواضح أنّ بعض السياق

يستدعي رؤيةً ضيِّقة الزاوية، والبعض يستدعي إدراكاً شمولياً متّسع الزاوية. حافظ غجر البحر على بقائهم باستخدام مجموعة مؤتلفة من خبرتهم البحرية وإدراكهم الشمولي. وهم متناغمون جداً مع أحوال البحر لدرجة أنهم جميعاً نجوا عندما ضرب التسونامي المحيط الهندي في 26 كانون الأول (ديسمبر) في العام 2004، قاتلاً مئات الآلاف. لقد رأوا أنّ البحر قد بدأ في التراجع بطريقة غريبة، وأنّ هذا التراجع قد تُبِع بموجة صغيرة على نحوٍ غير مألوف. ورأوا الدلافين تبدأ في السباحة إلى المياه العميقة، والأفيال تبدأ في الفرار مذعورةً إلى أرضٍ أعلى، ولم يعودوا يسمعون صوت زيز الحصاد. بدأ غجر البحر يخبرون بعضهم بعضاً القصة القديمة عن "الموجة التي تأكل الناس"، قائلين إنها قد أتت مرةً أخرى. وقبل زمنٍ طويل من تجميع العلم الحديث لكل هذا معاً، فرّ غجر البحر إلى الشاطئ، ملتمسين أرضاً أعلى، أو ذهبوا إلى مياه عميقة جداً، حيث نجوا أيضاً. إنّ ما كان غجر البحر قادرين على القيام به، وعجز عنه الناس العصريون الواقعون تحت تأثير العلم التحليلي، هو أنهم جمعوا كل هذه الأحداث الغريبة معاً ورأوا الكلّ التام، مستخدمين عدسةً متّسعة الزاوية بشكلٍ استثنائي، حتى وفقاً للمقاييس الشرقية. والواقع أنّ المراكبيين البورميين كانوا أيضاً في البحر لدى حصول هذه الأحداث الخارقة للطبيعة، ولكنهم لم ينجوا بحياتهم. وعندما سئل واحدٌ من غجر البحر عن سبب هلاك جميع المراكبيين البورميين رغم أنهم أيضاً كانوا يعرفون البحر، أجاب: "كانوا ينظرون إلى الحبّار. لم يكونوا ينظرون إلى أي شيء. لم يروا شيئاً، ولم ينظروا إلى شيء. هم لا يعرفون كيف ينظرون"[35].

اللدونة العصبية والصلابة الاجتماعية

بروس وكسلر، **هو طبيب نفسي وباحث** من جامعة يل، وهو يجادل في كتابه، **الدماغ والثقافة**، بأنّ الانحدار النسبي في اللدونة العصبية مع تقدّمنا في السنّ يفسّر العديد من الظواهر الاجتماعية[36]. في مرحلة الطفولة، تشكّل أدمغتنا نفسها بسهولة في استجابة منها للعالم، مطوِّرةً تراكيب نفسية عصبية، تشتمل على تصوّراتنا أو تمثيلاتنا للعالم. تشكّل هذه التراكيب الأساس العصبوني لكل معتقداتنا وعاداتنا الإدراكية، وصولاً إلى إيديولوجياتنا المعقّدة. ومثل جميع ظواهر اللدونة، فمن شأن هذه التراكيب أن تتعزّز باكراً، إذا كُرِّرت، وتصبح مكتفية ذاتياً.

عـــندما نتقدّم في السنّ وتأخذ اللدونة في الانحدار، يصبح من الأصعب علينا بازدياد أن نتغيّر في استجابة منا للعالم، حتى لو أردنا ذلك. نحن نجد الأنواع المألوفة مـــن التحفيز باعثةً على السرور، ونبحث عن أفراد مشابهين لنا عقلياً لنصادقهم، ونميل، كما تُظهر الأبحاث، إلى تجاهل أو نسيان أو محاولة تكذيب المعلومات التي لا تتوافق مع معتقداتنا أو فهمنا للعالم، لأنه من الصعب والمزعج جداً أن نفكّر ونفهم بطـــرقٍ غـــير مألـــوفة. يتصرّف الفرد المسنّ بازدياد على نحوٍ يحفظ فيه التراكيب داخلـــه، وعـــندما يكـــون هناك عدم توافق بين تراكيبه الداخلية المعرفية العصبية والعـــالم، تـــراه يسعى إلى تغيير العالم. ويبدأ بطرق صغيرة في إدارة محيطه مجهرياً، للسيطرة عليه وجعله مألوفاً. ولكنّ هذه العملية تقودُ غالباً مجموعات ثقافية كاملة إلى محاولة فرض رؤيتها للعالم على ثقافات أخرى، وتصبح غالباً عنيفة، ولاسيّما في العـــالم الحـــديث، الذي جمعت فيه العولمة ثقافات مختلفة معاً، مُفاقمةً المشكلة. ما يقصده وكسلر، إذاً، هو أنّ الكثير من التضارب الثقافي التقاطع الذي نراه هو نتاج النقص النسبـــي في اللدونة.

يمكـــن للمـــرء أن يـــضيف بأنّ بعض الأنظمة تملك على ما يبدو إدراكاً حدســـياً بأنّ التغيُّر يصبح أمراً أكثر صعوبة بعد سنٍّ معينة، وهو السبب وراء الجهد الكبير المبذول لتلقين الصغار المبادئ والأفكار في عمرٍ مبكر. على سبيل المـــثال، تضع كوريا الشمالية، ذات النظام الشيوعي، الأطفالَ في المدرسة من عمـــر السنتين ونصف إلى عمر الأربع سنوات[37]. وهم يقضون كل ساعات يقظـــتهم تقريباً وهم يتشرّبون الحبّ والإعجاب المقارِب للعبادة لرئيسهم كيم جونـــغ إيل، ووالده كيم إيل سونغ. ويمكنهم أن يروا أهلهم في عطلات نهاية الأســـبوع فقط. كل قصة تُقرَأ لهم هي عن القائد، وأربعون بالمائة من الكتب المدرسية الابتدائية مكرّسة بالكامل لوصف القائدَين. ويستمر هذا طوال مرحلة الدراســـة. يُعلَّم الأطفال كراهية العدوّ مع تدريب مكثّف أيضاً، بحيث تتشكّل دائرة كهربائية دماغية تربط آلياً الإدراك الحسّي "للعدوّ" بعواطف سلبية. يطرح امـــتحان رياضيات قصير السؤال النموذجي التالي: "قتل ثلاثة جنود من الجيش الكـــوري ثلاثـــين جندياً أميركياً. ما عدد الجنود الأميركيين الذين قتلهم كل واحـــد منهم، إذا كانوا ثلاثتهم قد قتلوا عدداً متساوياً من جنود الأعداء؟" إنّ

مثل هذه الشبكات العاطفية الإدراكية، حين تترسّخ في الناس الملقَّنين، لا تؤدّي فقط إلى مجرّد "اختلاف في الرأي" بينهم وبين خصومهم، بل إلى اختلافات تشريحية تستند إلى اللدونة، يصعب جداً جسرها أو التغلّب عليها من خلال الإقناع العادي.

إنّ تأكيد وكسلر هو على تناقص اللدونة التدريجي مع التقدّم في السنّ، ولكن لا بدّ من القول هنا أنّ هناك ممارسات معينة مستخدَمة من قِبَل الطوائف والفرق الدينية، أو في عمليات غسل الدماغ، تتبع قوانين اللدونة العصبية، وتوضّح أنّ الهويّات الفردية يمكن أن تُغيَّر أحياناً في مرحلة الرشد، حتى لو كان ذلك معاكساً لإرادة الشخص. يمكن إضعاف البشر ومن ثمّ تطوير، أو على الأقلّ "إضافة"، تراكيب عصبية معرفية، إذا كان من الممكن التحكُّم كلياً بحياتهم اليومية، ويمكن تكييفهم من خلال المكافأة والعقاب القاسي وإخضاعهم لتدريب مكثّف يُجبَرون فيه على تكرار عبارات إيديولوجية متنوّعة. يمكن لهذه العملية، في بعض الحالات، أن تقودهم فعلياً إلى "نسيان" تراكيبهم العقلية الموجودة سابقاً، كما قد لاحظ والتر فريمان[38]. ما كانت هذه النتائج البغيضة ممكنة لولا لدونة الدماغ الراشد.

الدماغ السريع التأثُّر: كيف تعيد وسائل الإعلام تنظيمه؟

الإنترنت هي مجرد شيء من تلك الأشياء التي يستطيع البشر المعاصرون أن يمارسوا ملايين الأحداث "التدريبية" من خلالها، والتي لم يكن للإنسان العادي قبل ألف سنة أي تعرُّض لها على الإطلاق. يُعاد تشكيل أدمغتنا بشكل هائل من خلال هذا التعرُّض، وأيضاً من خلال القراءة، والتلفزيون، وألعاب الفيديو، والإلكترونيات الحديثة، والموسيقى المعاصرة، و"الأدوات" المعاصرة، إلخ.[39]

مايكل ميرزنيتش، 2005

لقد ناقشنا عدة أسباب وراء عدم الاكتشاف المبكر للّدونة، مثل الافتقار إلى نافذةٍ على الدماغ الحيّ، والنُسَخ الأكثر بساطةً من التمركزية. ولكنّ هناك سبباً

آخــــر لعـــدم تمييزنا لها، وهو سببٌ وثيق الصلة تحديداً بالدماغ المعدَّل ثقافياً. نظر جميع علماء الأعصاب تقريباً، كما يكتب مرلين دونالد، إلى الدماغ كعضوٍ منعزل، كمـــا لـــو كـــان محتوىً في صندوق، واعتقدوا أنّ "العقل يوجد ويتطوّر كلياً في الرأس، وأنّ بنيته الأساسية هي معطىً حيوي (بيولوجي)"[40]. وقد أيّد السلوكيون والعديـــد مـــن الأحيائيين وجهة النظر هذه. أما العلماء النفسيون التطويريون فقد كانـــوا من بين الرافضين لها لأنهم كانوا بشكل عام حسّاسين للكيفية التي يمكن بها للتأثيرات الخارجية أن تؤدي تطوُّر الدماغ.

ترتبط مشاهدة التلفزيون، وهي واحدةٌ من نشاطات ثقافتنا الدليلية، بمشاكل الـــدماغ. تُظهـــر دراسةٌ حديثة أُجريت على أكثر من ألفَي وستمائة طفلٍ في أوّل مـــشيهم أنّ التعـــرُّض المبكر للتلفزيون بين عمرَي السنة والثلاث سنوات يرتبط بمـــشاكل الانتباه والتحكّم بالاندفاعات لاحقاً في الطفولة[41]. كل ساعة يقضيها الطفـــل الصغير في مشاهدة التلفزيون يومياً، تزيد من احتمال معاناته من صعوبات انتباهـــية جدّية في عمر السابعة بنسبة 10 بالمئة. لم تضبط هذه الدراسة كلياً، كما يـــشير العالم النفسي جويل ت. نيغ، العوامل الممكنة الأخرى التي تؤثّر في العلاقة بين مشاهدة التلفزيون والمشاكل الانتباهية اللاحقة[42]. قد يُجادَل بأنّ آباء الأطفال ذوي الـــصعوبات الانتباهـــية يتعاملون معهم بوضعهم أمام أجهزة التلفزيون. ومع ذلـــك، فـــإنّ نـــتائج الدراسة موحية للغاية، وتتطلّب المزيد من البحث بالنظر إلى الزيادة في مشاهدة التلفزيون. إنّ ثلاثة وأربعين بالمائة من الأطفال الأميركيين بعمر السنتين وأقلّ يشاهدون التلفزيون يومياً[43]، والربع منهم لديهم أجهزة تلفزيون في حجـــرات نـــومهم[44]. بعد عشرين سنة تقريباً من انتشار التلفزيون، بدأ معلّمو الأطفـــال الـــصغار يلاحظون أنّ تلامذهم أصبحوا أكثر تململاً ويواجهون صعوبة متـــزايدة في الانتـــباه. وثّقت التربوية جين هيلي هذه التغيُّرات في كتابها، **العقول المعرَّضـــة للخطـــر**[45]، مخمِّنةً أنها كانت نتاج التغيّرات اللدنة في أدمغة الأطفال. وعـــندما دخل هؤلاء الأطفال الجامعة، شكا أساتذهم بأنهم اضطّروا إلى "تحجيم" مقـــرّراتهم الدراسية في مطلع كل سنة دراسية، للطلاب الذين كانوا مهتمين بزيادة "المحاضرات القصيرة" ومُرهَبين بالقراءة قصيرةً كانت أم طويلة. وفي غضون ذلك، عُجِّلـــت هذه المشكلة بحملات "تزويد حجرات الدراسة بأجهزة الكمبيوتر"، التي

هـدفت إلى زيـادة ذاكرة الوصول العشوائية *RAM* والغيغابايت في كمبيوترات الـصفّ بدلاً من زيادة فترات الانتباه والذاكرة للطلاب. ربط الطبيب النفسي في هارفـارد، إدوارد هالويل، وهو خبيرٌ في اضطّراب نقص الانتباه (*ADD*) الوراثي، وسـائل الإعـلام الإلكترونية بزيادة سمات نقص الانتباه غير الوراثية في كثيرٍ من الـسكان[46]. وحـصل إيان هـ. روبرتسون وريدموند أوكونيل على نتائج مبشِّرة بالخير مُستخدمَين تمارين دماغية لمعالجة اضطّراب نقص الانتباه[47]، وإذا كـان من الممكن تطَبيق ذلك، فلدينا سببٌ لنأمل بأنّ السمات المجرّدة يمكن أن تُعالَج أيضاً.

يظـنّ معظم الناس أنّ الأخطار المُحدَثة بواسطة وسائل الإعلام هي نتيجة للمحـتوى. ولكـنّ مارشال ماكلوهان، وهو الكندي الذي أسّس دراسات وسـائل الإعلام في خمسينيات القرن الماضي وتوقع بالإنترنت قبل عشرين سنة من اختراعها، كان أوّل من حدس بأنّ وسائل الإعلام تغيّر أدمغتنا بغضّ النظرٍ عـن المحتوى، وقال مقالته الشهيرة: "الوسيلة الإعلامية هي الرسالة"[48]. كان ماكلـوهان يجادل بأنّ كلّ وسيلة إعلامية تعيد تنظيم عقلنا ودماغنا بطريقتها الفريدة وأنّ نتائج إعادة التنظيم هذه هي أكثر أهمية بكثير من تأثيرات المحتوى أو "الرسالة".

قام مارسل جاست وإريكا مايكل من جامعة كارنجي ميلون بإجراء دراسة مسح دماغ لاختبار ما إذا كانت الوسيلة الإعلامية هي بالفعل الرسالة[49]. وقد أظهرا اشتراك مناطق دماغية مختلفة في سماع الكلام وقراءته. وكما يعبّر جاست عن ذلك: "يُنشئ الدماغ الرسالة... على نحوٍ مختلف للقراءة والاستماع. المعنى المتـضمَّن العملي هو أنّ الوسيلة الإعلامية جزءٌ من الرسالة. إنّ الذكريات التي يخلّفهـا الاستماع إلى كتاب صوتي تختلف عن الذكريات التي تخلّفها القراءة. ونـشرة الأخـبار المسموعة على الراديو تُعالَج بطريقة مختلفة عن نفس النشرة المقـروءة في الـصحيفة". تدحض هذه النتيجة نظرية الاستيعاب التقليدية التي تجادل بأنّ مركزاً وحيداً في الدماغ يفهم الكلمات، ولا يهمّ بالفعل كيف (بأية حاسـة أو وسـيلة إعلامية) تدخل المعلومات إلى الدماغ، لأنها ستُعالَج بنفس الطـريقة وفي نفس المكان. تُظهر تجربة مايكل وجاست أنّ كل وسيلة إعلامية

تنشئ تجربة حسّية ودلالية مختلفة، ويمكننا أن نضيف بأنها تطوِّر دوائر كهربائية مختلفة في الدماغ.

تقود كل وسيلة إعلامية إلى تغيُّر في توازن حواسنا الفردية، مُقوِّيةً بعضها على حساب الأخرى. وفقاً لماكلوهان، عاش الإنسان الأمّي (قبل عصر التعلُّم) بتوازن "طبيعي" بين حواس السمع، والبصر، والشمّ، والذوق، واللمس. ونقلت الكلمةُ المكتوبة الإنسان الأمّي من عالمٍ صوتي إلى عالمٍ بصري، بالتبديل من الكلام إلى القراءة، وسرّعت وسائل الإعلام المطبوعة تلك العملية. والآن تعيدنا وسائل الإعلام الإلكترونية إلى العالم الصوتي، وتستعيد، ببعض الطرق، التوازن الأصلي. تُنشئ كل وسيلة إعلامية جديدة شكلاً فريداً من الإدراك، تتمّ فيه "تقوية" بعض الحواس، و"إضعاف" حواس أخرى. قال ماكلوهان أنّ "النسبة بين حواسنا تُغيَّر"[50]، ونحن نعرف من عمل باسكوال - ليون مع الناس المعصوبي الأعين (إضعاف البصر) مدى السرعة التي يمكن بها لإعادة التنظيمات الحسّية أن تحدث.

إنّ القول بأنّ أية وسيلة إعلامية ثقافية، مثل التلفزيون، أو الراديو، أو الإنترنت، تغيّر توازن الحواس لا يثبت أنّ تلك الوسيلة مؤذية. فالكثير من الضرر الناشئ عن التلفزيون والوسائل الإعلامية الإلكترونية الأخرى، مثل ألعاب الفيديو، مصدره تأثيرها على الانتباه. ينهمك الأطفال والمراهقون الذين يلعبون ألعاباً قتالية إلكترونية في تدريبٍ مكثّف وتتمّ مكافأتهم تدريجياً. تفي ألعاب الفيديو بجميع الشروط اللازمة لتغيّرات خرائط الدماغ اللدنة. صمّم فريق في مستشفى هامرسميث في لندن لعبة فيديو نموذجية يُطلق فيها قائد الدبّابة النار على العدو ويتفادى نيران العدّو. أظهرت التجربة أنّ الدوبامين - الناقل العصبي المكافِئ، المستحَثّ أيضاً بالعقاقير الإدمانية - يُطلَق في الدماغ خلال ممارسة هذه الألعاب[51]. يُظهر الناس المدمنون على ألعاب الكمبيوتر كل علامات أنواع الإدمان الأخرى: التوق الشديد للّعب عندما يتوقّفون، وإهمال النشاطات الأخرى، والشعور بالنشاط والخفّة أثناء اللعب، والميل إلى إنكار تورّطهم الفعلي أو التقليل من حجمه إلى الحدّ الأدنى.

إنّ التلفزيون، وألعاب الفيديو، والموسيقى الفيديوية، التي تستعمل جميعاً تقنيّات التلفزيون، تتكشّف بوتيرةٍ أسرع بكثير من الحياة الحقيقية، وهي تزداد

ســـرعةً، مـــا يؤدّي إلى تطوير الناس لميلٍ متزايد للتحوُّلات عالية السرعة في تلك الوســـائل الإعلامية[52]. إنّ **شكل** الوسط التلفزيوني - الكليشيهات، والتعديلات، والتكبير والتصغير، والتدوير الفوتوغرافي، والضجيج المفاجئ - الذي يعدّل الدماغ بتنشيط ما أسماه بافلوف "الاستجابة الموجّهة"[53]، التي تحدث في كل مرة نستشعر فـــيها تغيّـــراً مفاجئاً في العالم حولنا، وخاصةً حركة مفاجئة. نحن نقطع غريزياً ما نقـــوم بـــه لنلـــتفت ونتنبه ونستعد. لقد نشأت استجابة التوجيه بدون شكّ لأنّ أســـلافنا لعـــبوا دور الضحية والمفترس في الوقت نفسه واحتاجوا إلى التفاعل مع حـــالات كانـــت خطرة أو مزوِّدة بفُرَص مفاجئة لأمورٍ مثل الطعام والجنس، أو ببـــساطة مع حالات جديدة. هذه الاستجابة هي فسيولوجية: ينقص معدّل سرعة القلب لأربع أو ستّ ثوانٍ. يستحثّ التلفزيون هذه الاستجابة بمعدّل أسرع بكثير مـــن ذاك الـــذي نختبره في الحياة الواقعية، وهو السبب وراء عدم قدرتنا على رفع أعينـــنا عـــن شاشـــة التلفزيون، حتى في منتصف محادثة جوهرية، والسبب وراء مـــشاهدة الناس للتلفزيون لفترة أطول مما اعتزموا. ونظراً لأنّ الموسيقى الفيديوية، ومسلـــسلات الإثـــارة، والإعلانات التجارية، تستحثّ استجابات توجيه بمعدّل اســـتجابة واحدة في الثانية، فإنّ مشاهدتها تجعلنا في حالة استجابة موجّهة مستمرة دون عـــودة إلى الحالـــة الطبيعية. لا عجب إذاً من شعور الناس بالاستنـــزاف من مـــشاهدة التلفزيون. ومع ذلك، نحن نكتسب ذوقاً له ونجد التغيّرات الأبطأ مملّة. والـــثمن الـــذي ندفعـــه لذلك هو أنّ النشاطات مثل القراءة، والمحادثات المعقّدة، والاستماع إلى الموسيقى تصبح أكثر صعوبة.

تمـــثّلت وجهة نظر ماكلوهان في أنّ وسائل الاتصالات توسّع مدانا وتنفجر داخلنا على حدّ سواء. نصّ قانونه الأول لوسائل الاتصالات على أنّ جميع وسائل الاتـــصالات هـــي امـــتدادات لأوجه من الإنسان. الكتابة توسّع الذاكرة، عندما نستخدم قلماً وورقة لتسجيل أفكارنا. والسيارة توسّع مدى القدم، والثياب توسّع مـــدى الجلـــد. وســـائل الاتصالات الإلكترونية هي امتدادات لأجهزتنا العصبية: التلغراف، والراديو، والهاتف، توسّع جميعاً مدى الأذن البشرية، وكاميرا التلفزيون توسّع العين والبصر، والكمبيوتر يوسّع قدرات المعالجة لجهازنا العصبـــي المركزي. جادل ماكلوهان أنّ عملية توسيع جهازنا العصبـــي تعدّله أيضاً.

أما انفجار وسائل الاتصالات داخلنا وتأثيره على أدمغتنا، فهو أقلّ وضوحاً. ولكننا رأينا العديد من الأمثلة بالفعل: عندما ابتكر ميرزنيتش وزملاؤه الغرسة القوقعية، وهي وسيلة تترجم الموجات الصوتية إلى نبضات كهربائية، جدّد دماغ المريض اتصالاته الكهربائية لقراءة هذه النبضات.

وبرنامج **فاست فورورد** هو وسيلة تنقل، مثل الراديو أو ألعاب كمبيوتر التفاعلية، لغةً وأصواتاً وصوراً وتقوم بتجديد اتصالات الدماغ الكهربائية خلال العملية. وعندما وصل باخ – واي – ريتا المكفوفين بآلة تصوير، وكانوا قادرين على إدراك الأشكال، والوجوه، والمنظور، وضّح لنا أنّ الجهاز العصبي يمكن أن يصبح جزءاً من جهازٍ إلكتروني أكبر. تُجدّد جميع الأجهزة الإلكترونية اتصالات الدماغ الكهربائية. يجد الناس الذين يكتبون باستخدام برامج معالجة الكلمات أنفسَهم في حيرة غالباً عندما يضطّرون للكتابة بأيديهم أو لإملاء الغير، لأنّ أدمغتهم لم تطوِّر الدوائر الكهربائية اللازمة لترجمة الأفكار إلى كتابة متصلة الحروف أو إلى كلامٍ سريع. وعندما يتعطّل الكمبيوتر فجأةً ويصابُ الناس بانهيارات عصبية صغرى، فهناك شيء من الحقيقة في صرختهم: "أشعر كما لو أني فقدت عقلي!" عندما نستخدم وسيلةً إلكترونية، فإنّ جهازنا العصبي يتسع للخارج، والوسيلة تتسع للداخل.

إنّ وسائل الاتصالات الإلكترونية فعالة جداً في تعديل جهازنا العصبي لأنّ الاثنين يعملان بطرق مماثلة ومتوافقان أساساً وبالتالي يتصلان بسهولة. كما يشتمل الاثنان على النقل اللحظي للإشارات الكهربائية لإحداث اتصال. ونظراً لأنّ جهازنا العصبي لدن، فبإمكانه أن يستفيد من هذه التوافقية ويندمج مع وسيلة الاتصال الإلكترونية مؤلّفاً جهازاً واحداً أكبر. وبالفعل، فإنّ من طبيعة هكذا أجهزة أن تندمج سواء أكانت حيوية (بيولوجية) أو صناعية. إنّ الجهاز العصبي هو وسيلة اتصال داخلية، ينقل رسائل من منطقة في الجسم إلى أخرى، وقد تطوّر ليقوم بما تقوم به وسائل الاتصالات الإلكترونية للجنس البشري: وصل الأجزاء المتباينة. عبّر ماكلوهان عن هذا الامتداد الإلكتروني للجهاز العصبي والنفس بلغة هزلية: "بدأ الإنسان الآن يحمل دماغه خارج جمجمته، وأعصابه خارج جلده"[54]. وبصيغة مشهورة، قال: "واليوم، بعد مرور أكثر من قرنٍ على استعمال

التكنولوجيا الكهربائية، وسّعنا جهازنا العصبي المركزي نفسه في عناق عالمي، لاغين المكان والزمان على حدّ سواء في ما يتعلّق بكوكبنا"[55]. تمّ إلغاءً المكان والزمان لأنّ وسائل الاتصال الإلكترونية تصل أمكنة بعيدة لحظياً، مُسبِّبةً ما أسماه "القرية العالمية". هذا التوسّع ممكن لأنّ جهازنا العصبي اللدن يمكن أن يدمج نفسه مع جهازٍ إلكتروني.

ملحق 2

اللدونة وفكرة التقدّم

ظهرت الفكرة القائلة بلدونة الدماغ في أوقات سابقة، لفترات قصيرة، ثم اختفت. ولكن على الرغم من أنها ترسّخت الآن فقط كحقيقة في علم الاتجاه السائد، إلا أنّ هذا الظهور المبكر لها ترك آثاره وجعل تقبُّل الفكرة ممكناً، رغم المعارضة الهائلة التي واجهها جميع اختصاصيي اللدونة العصبية من زملائهم العلماء.

في العام 1762، جادل الفيلسوف السويسري جان-جاك روسو (1712-1778)، الذي انتقد الرؤية الميكانيكية للطبيعة في زمنه، بأنّ الطبيعة حيّة ولها تاريخ وتتغيّر مع الزمن[1]. وقال أنّ أجهزتنا العصبية لا تشبه الآلات، بل هي حيّة وقادرة على التغيُّر[2]. في كتابه، *E'mile* أو **حول التعليم** - وهو أوّل كتاب مفصَّل كُتب أبداً عن تطوّر الطفل - اقترح روسو بأنّ "تنظيم الدماغ" متأثّر بتجربتنا، وأننا نحتاج إلى "تمرين" حواسّنا وقدراتنا العقلية بالطريقة نفسها التي نمرّن بها عضلاتنا[3]. أكّد روسو بإيراد الدليل أنّ عواطفنا وانفعالاتنا هي، إلى حدّ كبير، مُتعلّمةٌ أيضاً في مرحلة الطفولة. وتخيّل جذرياً تحويل التعليم والثقافة البشرية، استناداً إلى الفرضية القائلة بأنّ العديد من أوجه طبيعتنا التي نظنّ أنها ثابتة، هي في الحقيقة قابلةٌ للتغيُّر وأنّ هذه المطواعية هي سمة مميِّزة للإنسان. كتب روسو: "من أجل أن تفهم إنساناً،

انظر إلى الناس، ومن أجل أن تفهم الناس، انظر إلى الحيوانات". وعندما قارننا بأنواع الكائنات الحية الأخرى، رأى ما أسماه بـ "الاكتمالية" البشرية - وجعل الكلمة الفرنسية *perfectibilite'* رائجة[4] - مستخدماً إياها ليصف لدونةً أو مطاوعةً بشرية بصورة خاصة، تميّزنا في المرتبة عن الحيوان. لاحظ روسو أنه بعد عدة أشهر من ولادة الحيوان، تتشكّل صورته التي سيكون عليها للجزء الأكبر من بقية حياته. أما البشر فهم يتغيّرون طوال حياتهم بسبب "اكتماليتهم".

جادل روسو بأنّ "اكتماليتنا" هي التي أتاحت لنا أن نطوِّر أنواعاً مختلفة من القدرات العقلية وأن نغيّر التوازن بين حواسنا وقدراتنا العقلية القائمة، ولكن يمكن أن يكون هذا إشكالياً أيضاً لأنه شوّش التوازن الطبيعي لحواسّنا. نظراً لأنّ أدمغتنا حساسة جداً للتجربة، فهي أيضاً عُرضة لسرعة التشكّل بها. إنّ المدارس التعليمية مثل مدرسة مونتيسوري، بتأكيدها على تعليم الحواس، استندت أساساً إلى ملاحظات روسو. كان روسو أيضاً السلف لماكلوهان، الذي جادل بعد روسو بقرون بأنّ بعض التكنولوجيات ووسائل الاتصالات تعدّل نسبة أو توازن الحواس. عندما نقول إنّ وسائل الاتصال الإلكترونية الفورية، وأصوات التلفزيون القصيرة، والابتعاد عن القراءة والكتابة قد أنشأت جميعاً أناساً انفعاليين بإفراط ذوي فترات انتباه قصيرة، فنحن نتكلّم لغة روسو، بشأن مشكلة محيطية من نوعٍ جديد تتداخل مع معرفتنا. جادل روسو أيضاً بأنّ التوازن بين حواسنا وتخيُّلنا يمكن أن يتشوّش بالأنواع الخاطئة من التجارب[5].

شارلز بونيت[6] (1720-1793) هو فيلسوف سويسري وعالِمٌ بالتاريخ الطبيعي كان معاصراً لروسو ومطّلعاً على كتاباته. كتب بونيت في العام 1783 إلى ميشيل فينسنزو مالاكارن (1744-1816) مقترحاً أنّ النسيج العصبي قد يستجيب إلى التمرين كما تفعل العضلات[7]. وشرع مالاكارن في اختبار فرضية بونيت تجريبياً. أخذ مالاكارن أزواجاً من الطيور من حضنة البيض نفسها وربّى نصفها في بيئات مُغناة، مُحفّزة بتدريب مكثّف لعدة سنوات. أما النصف الآخر من الطيور فلم يتلقَّ أي تدريب. وعندما شرّح مالاكارن الطيور وقارن حجم أدمغتها، وجد أنّ أدمغة الطيور التي تلقّت تدريباً كانت أكبر حجماً، وتحديداً في جزءٍ من الدماغ يُدعَى المخيخ، موضّحاً تأثير "البيئات

المُغـــناة" و"الـــتدريب" على تطوّر دماغ الفرد. نُسِي عمل مالاكارن إلى أن تمّ إحياؤه وإتقانه بواسطة روزنـــزويغ وآخرين في القرن العشرين[8].

الاكتمالية - مزيجٌ من الإيجابيات والسلبيات

رغم أنّ روسو، الذي مات في العام 1778، ما كان ليعرف نتائج مالاكارن، إلا أنـــه أظهـــر قدرة ممتازة على توقُّع ما عنته **الاكتمالية** للجنس البشري. زوّدت الاكتمالية بالأمل ولكنها لم تكن دوماً نعمة. لأننا يمكن أن نتغيّر، فنحن لم نعرف دومـــاً مـــا كـــان طبيعياً فينا وما كان مُكتسَباً من الثقافة. ولأننا يمكن أن نتغيّر، فـــبإمكان الـــثقافة والمجتمع أن يشكّلانا بإفراط إلى النقطة التي نبتعد فيها كثيراً عن طبيعتنا الحقيقية ونصبح غرباء عن أنفسنا.

وفي حين أننا قد نبتهج بفكرة أنّ الدماغ والطبيعة البشرية يمكن أن "يُحسَّنا"، إلا أنّ فكرة الاكتمالية البشرية أو اللدونة تثير مشاكل كثيرة.

جـــادل المفكّـــرون الأوائل، منذ عهد أرسطو، الذي لم يتحدّث عن الدماغ اللـــدن، بـــأنّ هناك تطوّراً عقلياً مثالياً أو "كاملاً" واضحاً، وأنّ بلوغ تطوّر عقلي ســـليم هو ممكن باستخدام قدراتنا العقلية والعاطفية والوصول بها إلى حدّ الكمال. فهـــم روسو أنه إذا كان دماغ الإنسان وحياته العقلية والعاطفية مُتّسمَين باللدونة، فلـــن يكون بإمكاننا أن نكون متأكّدين تماماً من شكل التطور العقلي الطبيعي أو الكامل: يمكن أن يكون هناك أنواعٌ عديدة مختلفة من التطوّر. عنت الاكتمالية أنه لم يعـــد بإمكاننا أن نكون متأكّدين بشأن ما يعنيه تحسين أنفسنا والوصول بها إلى حدّ الكمال. مدركاً لهذه المشكلة الأخلاقية، استخدم روسو مصطلح "الاكتمالية" بمعنىً تهكّمي[9].

من الاكتمالية إلى فكرة التقدّم

إنّ أيّ تغيُّـــر في الكيفـــية التي نفهم بها الدماغ ستؤثّر في النهاية على كيفية فهمنا للطبيعة البشرية. بعد روسو، رُبطت فكرة الاكتمالية سريعاً بفكرة "التقدّم". جـــادل كوندورسيه (1743-1794)، الفيلسوف وعالم الرياضيات الفرنسي الذي لعـــب دوراً بارزاً في الثورة الفرنسية، بأنّ التاريخ البشري كان قصة التقدّم وربَطه

باكتماليتنا. كتب كوندورسيه: "ليست هناك شروط لاكتمال القدرات البشرية... اكتمالية الإنسان هي بلا حدود حقاً[10]، وتقدُّم هذه الاكتمالية... ليس له حدّ آخر عدا عن فترة دوام الأرض". وجادل أيضاً بأنّ الطبيعة البشرية قابلةٌ للتحسين على الدوام، من الناحيتين الفكرية والأخلاقية، ويجب أن لا يضع البشر حدوداً ثابتة لاكتمالهم الممكن (وجهة النظر هذه كانت نوعاً ما أقل طموحاً من التماس الكمال النهائي، ولكنها لا تزال خيالية بسذاجة).

وصلت فكرتا التقدّم والاكتمالية إلى أميركا من خلال اهتمام توماس جفرسون الذي يبدو أنه تعرّف على كوندورسيه بواسطة بنجامين فرانكلين[11]. من بين المؤسّسين الأميركيين، فإنّ جفرسون كان الأكثر انفتاحاً على الفكرة، وكتب: "أنا ضمن أولئك الذين يفكّرون جيداً في الخصائص البشرية عموماً... وأنا أعتقد أيضاً، مع كوندورسيه... بأنّ العقل البشري قابلٌ للكمال إلى حدٍّ لا يمكننا بعد أن نتصوّره"[12]. لم يتّفق جميع المؤسّسين مع جفرسون، ولكنّ أليكسيس دي توكويفيل، الذي زار أميركا قادماً من فرنسا في العام 1830، علّق بأنّ الأميركيين، على نحو متباين مع الآخرين، بدوا معتقدين بفكرة "الاكتمالية اللامحدودة للإنسان"[13]. إنّ فكرة التقدّم العلمي والسياسي - وحليفتها الثابتة، فكرة الاكتمالية الفردية - هي التي تجعل الأميركيين مهتمّين جداً بكتب تحسين النفس، وتحويل النفس، ومساعدة النفس، بالإضافة إلى اهتمامهم بحلّ المشاكل وامتلاك موقف الواثق.

على قدر ما يبدو كلُّ هذا موحياً بالأمل، إلا أنّ فكرة الاكتمالية البشرية نظرياً كان لديها أيضاً جانب مُظلم تطبيقياً. غُرِم الثوّار المثاليون في فرنسا وروسيا بفكرة التقدُّم واعتقدوا بسذاجة بلدونة البشر، ولهذا عندما نظروا حولهم ورأوا مجتمعاً مفتقراً إلى الكمال، كان من شأنهم أن يلقوا اللوم على الأفراد "لوقوفهم في طريق التقدّم". عندما نتكلّم عن لدونة الدماغ، يجب أن نتوخّى الحذر سريرياً أيضاً، كي لا نقع في لوم أولئك الذين لا يستطيعون تغيير أنفسهم على الرغم من هذا العلم الجديد. تُعلّم اللدونة العصبية، بلا شكّ، أنّ الدماغ مطواعٌ أكثر مما ظنّ البعض، ولكنّ الانتقال من تسميته مطواعاً إلى قابلٍ للكمال يطرح توقّعات على مستوىً خطر. تُعلّم ظاهرة التناقض اللدن أنّ اللدونة العصبية يمكن أن تكون مسؤولةً أيضاً عن العديد من أنواع السلوك الصارم،

وحـــتى بعـــض الأمراض، مع كل المرونة الكامنة داخلنا. وبينما تصبح فكرة اللدونـــة مركز الاهتمام البشري في عصرنا، فمن الحكمة أن نتذكّر أنها ظاهرةٌ تُنتج تأثيرات نفكّر فيها على أنها جيدة وسيئة في آن: الصلابة والمرونة، وسرعة التأثُّر، وسعة الحيلة غير المتوقّعة.

أبـــدى العـــالم الاقتـــصادي توماس سويل الملاحظة التالية: "في حين أنّ اســـتخدام كلمة 'الاكتمالية' قد تلاشى عبر القرون، إلا أنّ مفهومها لا يزال باقياً وسليماً إلى حدّ كبير حتى عصرنا الحالي. إنّ فكرة أنّ 'الإنسان هو كائنٌ لـــدن للغاية' لا تزال رئيسية بين العديد من المفكّرين المعاصرين..."[14]. تُظهر دراســـة ســـويل المفصّلة، **تضارب الرؤى**، أنّ العديد من الفلاسفة السياسيين الغـــربيين الرئيسيين يمكن تصنيفهم، وفهمهم على نحوٍ أفضل، إذا أخذنا بعين الاعتـــبار مدى رفضهم أو تقبُّلهم لهذه اللدونة البشرية وامتلاكهم لرؤية مقيدة للطبيعة البشرية. وفي حين أنّ المفكّرين "المحافظين" أو "اليمينيين" مثل آدم سميث أو إدمـــوند بورك بدوا غالباً أنهم يؤيّدون الرؤية المقيّدة للطبيعة البشرية، بينما كان من شأن المفكّرين "المتحرِّرين" أو "اليساريين" مثل كوندورسيه أو ويليام غـــودين أن يعـــتقدوا بأنهـــا أقلّ تقييداً، إلا أنّ هناك نقاط خلاف بشأن أي المحـــافظين يملكون رؤية أكثر اتساماً باللدونة وأي المتحرّرين يملكون رؤية أكثر تقيـــيداً. على سبيل المثال، جادل عددٌ من المعلّقين المحافظين مؤخّراً أن التوجّه الجنسي هو مسألة خيار وتكلّموا كما لو كان يمكن تغييره بالجهد أو التجربة - ما يعني أنه ظاهرة لدنة - بينما كان من شأن المعلّقين المتحرِّرين أن يجادلوا بأنه "مُحكَـــم الدوائر الكهربائية" و"كلّه في الجينات". ولكن لا يقدّم كل المفكّرين رؤيـــة مقيدة أو غير مقيدة بشكلٍ صارم للطبيعة البشرية، وهناك أولئك الذين لديهم رؤية مختلطة لاكتمالية البشر، وتقدّمهم، وقابليتهم للتغيُّر.

إنّ ما قد تعلّمناه من خلال دراسة اللدونة العصبية وظاهرة التناقض اللدن هو أنّ اللدونة العصبية البشرية تُسهم في الأوجه المقيدة وغير المقيدة لطبيعتنا. وبالتالي، صـــحيحٌ أنّ تـــاريخ التفكير السياسي الغربـــي يهاجم إلى حدّ كبير المواقف التي اعتـــنقها مفكرون في عصور مختلفة تجاه مسألة اللدونة العصبية المفهومة عموماً، إلا أنّ توضيح اللدونة العصبية البشرية في عصرنا، إذا فُكِّر فيه بعناية، يُظهر أنّ اللدونة

هـــي ظاهرة دقيقة إلى حدّ بعيد لأن تدعم بشكلٍ واضح رؤية مقيدة أو غير مقيدة للطبيعة البشرية، لأنها في الواقع تُسهم في الصلابة البشرية والمرونة البشرية على حد سواء، اعتماداً على الطريقة التي تُنمَّى فيها.

ملاحظات ومراجع

تنويه إلى القارئ بشأن هذه الملاحظات

الملاحظـــات الـــواردة هـــنا هي من نوعين. أولاً، هناك تعليقات بشأن تفاصيل مثيرة للاهتمام، واستثناءات، وملاحظات تاريخية، ومواضيع علمية، وجميع هذه الملاحظات مسبوقة بعلامة (+). ثانياً، هناك إشارة إلى مقالات تستند إليها الدراسات المذكورة في هذا الكتاب.

الفصل 1
امرأةٌ تقع باستمرار...

1. N. R. Kleinfeld. 2003. For elderly, fear of falling is a risk in itself. *New York Times,* March 5.

2. P. Bach-y-Rita, C. C. Collins, F. A. Saunders, B. White, and L. Scadden. 1969. Vision substitution by tactile image projection. *Nature,* 221(5184): 963-64.

3.+ رأى الإغريق، الذين ابتكروا فكرة الطبيعة، كلَّ الطبيعة **ككائن حيّ** ضخم. جميع الأشياء الـــتي تشغل حيّزاً تتألّف من مادة، وجميع الأشياء التي تتحرّك هي حيّة، وجميع الأشياء المنهجـــية لها صفة الذكاء. كانت هذه هي الفكرة العظيمة الأولى للطبيعة التي طوّرها الجنس البشري. والواقع أنّ الإغريق قد أسقطوا أنفسهم على الكون، وقالوا إنه كان حياً وانعكاســـاً لأنفـــسهم. وبما أنّ الطبيعة كانت حيّة بنظرهم، فما كانوا ليعارضوا فكرة اللدونـــة من حيث المبدأ، أو فكرة أنّ عضو التفكير يمكن أن ينمو. جادل سقراط بأنّ الإنسان يمكن أن يدرّب عقله بالطريقة نفسها التي يدرّب بها الرياضيون عضلاتهم.

وبعـــد اكتشافات غاليليو، برزت الفكرة العظيمة الثانية للطبيعة، وهي **الطبيعة كآلية.** أســـقط المؤمـــنون بالمذهب الآلي صورةً لآلة على الكون، واصفين الكون بأنه "ساعة كونية" ضخمة. ومن ثمّ قاموا بإضفاء صفة ذاتيّة على تلك الصورة وطبّقوها على البشر.

على سبيل المثال، كتب الطبيب جولين أوفراي دي لا ميتري (1709-1751)، **الإنسان آلة**، مُختزلاً البشر إلى آليات.

ولكن برزت بعد ذلك فكرة ثالثة أعظم للطبيعة، بإلهام من بافون وآخرين، أعادت الحياة إلى الطبيعة. كانت تلك فكرة الطبيعة كعملية تاريخية تتكشّف تدريجياً، أو **الطبيعة كتاريخ**. في هذه الرؤية، ليس الكون آلية وإنما عملية تاريخية متطوّرة تتغيّر مع الوقت. وضعت فكرة التاريخ الطبيعي الأساس لنظرية التطوّر (النشوء) لداروين. ولكنّ النقطة الأساسية في ما يتعلق بأهدافنا هي أنّ هذه الرؤية لم تكن معاكسة لفكرة التغيّر اللدن من حيث المبدأ. يُناقَش هذا في تفصيلٍ أكثر في الملحق 2 وفي الملاحظة 1 لذلك الملحق.

See R. G. Collingwood. 1945. *The idea of nature.* Oxford: Oxford University Press; R. S. Westfall. 1977. *The construction of modern science: Mechanisms and mechanics.*

+.4 لم تخلُ استعارة الآلة من إنجازات رئيسية، حيث مكّنت من إجراء دراسة أكثر واقعية للدماغ بناءً على الملاحظة الخالية من التبصُّر الروحي. ولكنها، بالرغم من ذلك، كانت دائماً طريقة فقيرة لرؤية الدماغ الحيّ، والمؤمنون بالمذهب الآلي أنفسهم عرفوا ذلك. كان هارفي مهتماً بالقوى الحيوية كاهتمامه بالآليات، وقد جادل ديكارت بأنّ الأداة المخيّة المعقّدة التي صوّرها كانت حيّة وتحرّكت بواسطة الروح، رغم أنه لم يستطع أبداً أن يفسّر كيف. كان الثمن غالياً، لأنه "شرّحنا" إلى روحٍ حية غير مادية قادرة على التغيّر، ودماغٍ ماديّ عاجز عن التغيّر. بتعبيرٍ آخر، وضع ديكارت، كما قال فيلسوفٌ ذكيّ مرة، "شبحاً في الآلة".

+.5 جهد العلماء منذ أوائل القرن التاسع عشر لفهم ما الذي يجعل حواسنا مختلفة بعضها عن بعض، وبدأت مناظرة عظيمة. جادل البعض بأنّ أعصابنا جميعاً حملت **نفس** النوع من الطاقة وأنّ الاختلاف الوحيد بين الرؤية واللمس كان كمّياً: أمكن للعين أن تميِّز تأثير الضوء لأنها أكثر دقة وحساسية بكثير من حاسة اللمس. وجادل آخرون بأنّ أعصاب كل حاسة حملت شكلاً **مختلفاً** من الطاقة خاصّاً بتلك الحاسة، وأنّ الأعصاب من إحدى الحواس لا يمكن أن تحلّ محلّ أو تؤدّي وظيفة الأعصاب لحاسة أخرى. فازت وجهة النظر هذه واحتُفظ بها في صيغة "قانون الطاقة النوعية للأعصاب"، المقترَح بواسطة جوهانز مولر في العام 1826. كتب مولر: "يبدو أنّ عصب كل حاسة قادرٌ على نوعٍ واحدٍ محدَّد من الإحساس، وليس على الأنواع الأخرى الملائمة لأعضاء الإحساس الأخرى. وبالتالي، فإنّ عصب إحدى الحواس لا يمكنه أن يحلّ محلّ عصب حاسة أخرى أو أن يؤدّي وظيفته".

J. Müller. 1838. *Handbuch der Physiologie des Menschen,* bk. 5, Coblenz, reprinted in R. J. Herrnstein and E. G. Boring, eds. 1965. *A source book in the history of psychology.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 26-33, especially 32.

عدّل مولر قانونه إلى حدّ ما، وسلّم بأنه لم يكن واثقاً ما إذا كانت الطاقة النوعية لعصبٍ معيّن سببها العصب نفسه أو الدماغ أو الحبل الشوكي. نُسيَ تعديله غالباً.
خمّن تلميذ مولر وخلفه، إميل دو بواز-ريموند (1818-1896)، أنه إذا كان ممكناً بطريقة ما أن نربط تقاطعياً العصبَين البصري والسمعي، فسنكون قادرين على رؤية الأصواتً وسماع انطباعات الضوء.
E. G. Boring. 1929. *A history of experimental psychology.* New York: D. Appleton-Century Co., 91. See also S. Finger. 1994. *Origins of neuroscience: A history of explorations into brain function.* New York: Oxford University Press, 135.

+.6 تقنياً، يمكن لصورة أن تتشكّل على السطحين الثنائيّي البعد للجلد والشبكية على حدّ سواء لأنّ الاثنين يمكن أن يكتشفا المعلومات **في الوقت نفسه**. ولأنّ الاثنين يمكن أن يكتشفا المعلومات **بشكلٍ متسلسل**، مع الوقت، فبإمكان الاثنين أن يشكّلا صوراً متحرّكة.

.7 S. Finger and D. Stein. 1982. *Brain damage and recovery: Research and clinical perspectives.* New York: Academic Press, 45.

.8 A. Benton and D. Tranel. 2000. Historical notes on reorganization of function and neuroplasticity. In H. S. Levin and J. Grafman, eds., *Cerebral reorganization of function after brain damage.* New York: Oxford University Press.

.9 O. Soltmann. 1876. Experimentelle studien über die functionen des grosshirns der neugeborenen. *Jahrbuch für kinderheilkunde und physische Erzeihung,* 9:106-48.

.10 K. Murata, H. Cramer, and P. Bach-y-Rita. 1965. Neuronal convergence of noxious, acoustic and visual stimuli in the visual cortex of the cat. *Journal of Neurophysiology,* 28(6): 1223-39; P. Bach-y-Rita. 1972. *Brain mechanisms in sensory substitution.* New York: Academic Press, 43-45, 54.

+.11 يُوضّح التجانس النسبي للقشرة بحقيقة أنّ العلماء الذين يعملون على الجرذان يستطيعون ازدراع أجزاء صغيرة من القشرة "البصرية" في جزء الدماغ الذي يعالج اللمس عادةً، وسوف تبدأ هذه الأجزاء المزدرعة في معالجة اللمس.
See J. Hawkins and S. Blakeslee. 2004. *On intelligence.* New York: Times Books, Henry Holt & Co., 54.

+.12 في العام 1977، أظهرت تقنيةٌ جديدة (على عكس توكيد بروكا بأنّ المرء يتكلّم بنصف الدماغ الأيسر) أنّ 95 بالمئة من الناس المعافين العاملين بيمناهم يعالجون اللغة في نصف دماغهم الأيسر، بينما يعالجها الخمسة بالمئة الباقون في نصف دماغهم الأيمن. وبالنسبة إلى العاملين بيسراهم، فإنّ 70 بالمئة منهم يعالجون اللغة في نصف دماغهم الأيسر، و15 بالمئة منهم في نصف دماغهم الأيمن، و15 بالمئة في كلا النصفين.
S. P. Springer and G. Deutsch, G. 1999. *Left brain right brain: Perspectives from cognitive neuroscience.* New York: W. H. Freeman and Company, 22.

13.+ بيّن فلورنـــز أنه إذا أزال أجزاء كبيرة من دماغ طير، فإنّ الوظائف العقلية تُفقَد. وحيث لاحـــظ حيواناته على مدى سنة كاملة، فقد اكتشف أيضاً أنّ الوظائف المفقودة كانت غالباً تُسترجَع. واستنتج أنّ الأدمغة قد أعادت تنظيم نفسها، لأنّ الأجزاء الباقية كانت قـــادرةً علـــى الاضـــطّلاع بالوظائف المفقودة. جادل فلورنـــز بأنّ الجهاز العصبـــي والـــدماغ يجب أن يُفهما كوحدة ديناميكية كاملة، هي أكثر من مجموع أجزائها، وأنه من السابق لأوانه أن نفترض أنّ الوظائف العقلية لها موقع ثابت في الدماغ.
M.-J.-P. Flourens. 1824/1842. *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés.* Paris: Ballière.

.14 This paper was ultimately published as P. Bach-y-Rita. 1967. Sensory plasticity: Applications to a vision substitution system. *Acta Neurologica Scandinavica,* 43:417-26.

.15 P. Bachy-Rita. 1972. *Brain mechanisms and sensory substitution.* New York: Academic Press. This paper was his first sustained discussion in print.

.16 M. J. Aguilar. 1969. Recovery of motor function after unilateral infarction of the basis pontis. *American Journal of Physical Medicine*, 48:279-88; P. Bach-y-Rita. 1980. Brain plasticity as a basis for therapeutic procedures. In P. Bach-y-Rita, ed., *Recovery of function: Theoretical considerations for brain injury rehabilitation.* Bern: Hans Huber Publishers, 239-41.

.17 S. I. Franz. 1916. The function of the cerebrum. *Psychological Bulletin*, 13:149-73; S. I. Franz. 1912. New phrenology. *Science,* 35(896): 321-28; see 322.

18.+ نحـــن نشكّ الآن بأن العصبونات تصنع بروتينات جديدة وتغيّر تركيبها خلال مرحلة التعزيز للتعلّم.
See E. R. Kandel. 2006. *In search of memory.* New York: W.W. Norton & Co., 262.

.19 Maurice Ptito of Canada, in collaboration with Ron Kupers at the Université of Århus, Denmark.

.20 M. Sur. 2003. *How experience rewires the brain.* Presentation at "Reprogramming the Human Brain" Conference, Center for Brain Health, University of Texas at Dallas, April 11.

.21 A. Clark. 2003. *Natural-born cyborgs: Minds, technologies, and the future of human intelligence.* Oxford: Oxford University Press.

الفصل 2
بناء دماغٍ أفضل لنفسها

.1 K. Kaplan-Solms and M. Solms. 2000. *Clinical studies in neuro-psychoanalysis: Introduction to a depth neuropsychology.* Madison, CT: International Universities Press, 26-43; O. Sacks. 1998. The other road: Freud as neurologist. In M. S. Roth, ed., *Freud: Conflict and culture.* New York: Alfred A. Knopf, 221-34.

D. Bavelier and H. Neville. 2002. Neuroplasticity, developmental. In V. S. Ramachandran, ed., *Encyclopedia of the human brain,* vol. 3. Amsterdam: Academic Press, 561. .2

M. J. Renner and M. R. Rosenzweig. 1987. *Enriched and impoverished environments.* New York: Springer-Verlag. .3

M. R. Rosenzweig, D. Krech, E. L. Bennet, and M. C. Diamond. 1962. Effects of environmental complexity and training on brain chemistry and anatomy: A replication and extension. *Journal of Comparative and Physiological Psychology,* 55:429-37; M. J. Renner and M. R. Rosenzweig, 1987, 13. .4

M. J. Renner and M. R. Rosenzweig, 1987, 13-15. .5

W. T. Greenough and F. R. Volkmar. 1973. Pattern of dendritic branching in occipital cortex of rats reared in complex environments. *Experimental Neurology,* 40:491-504; R. L. Hollaway. 1966. Dendritic branching in the rat visual cortex. Effects of extra environmental complexity and training. *Brain Research,* 2(4): 393-96. .6

M. C. Diamond, B. Lindner, and A. Raymond. 1967. Extensive cortical depth measurements and neuron size increases in the cortex of environmentally enriched rats. *Journal of Comparative Neurology,* 131(3): 357-64. .7

A. M. Turner and W. T. Greenough. 1985. Differential rearing effects on rat visual cortex synapses. I. Synaptic and neuronal density and synapses per neuron. *Brain Research,* 329:195-203. .8

M. C. Diamond. 1988. *Enriching heredity: The impact of the environment on the anatomy of the brain.* New York: Free Press. .9

M. R. Rosenzweig. 1996. Aspects of the search for neural mechanisms of memory. *Annual Review of Psychology,* 47:1-32. .10

M. J. Renner and M. R. Rosenzweig, 1987, 54-59. .11

B. Jacobs, M. Schall, and A. B. Scheibel. 1993. A quantitative dendritic analysis of Wernicke's area in humans. II. Gender, hemispheric, and environmental factors. *Journal of Comparative Neurology,* 327(1): 97-111. .12

M. J. Renner and M. R. Rosenzweig, 1987, 44-48; M. R. Rosenzweig, 1996; M. C. Diamond, D. Krech, and M. R. Rosenzweig. 1964. The effects of an enriched environment on the histology of rat cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology,* 123:111-19. .13

الفصل 3

إعادة تصميم الدماغ

M. M. Merzenich, P. Tallal, B.Peterson, S.Miller, and W.M. Jenkins. 1999. Some neurological principles relevant to the origins of- and the cortical plasticitybased remediation of- developmental language impairments. In J. Grafman and Y. Christen, eds., *Neuronal plasticity: Building a bridge from the laboratory to the clinic.* Berlin: Springer-Verlag, 169-87. .1

2. M. M. Merzenich. 2001. Cortical plasticity contributing to childhood development. In J. L. McClelland and R. S. Siegler, eds., *Mechanisms of cognitive development: Behavioral and neural perspectives.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 68.

3.+ رُسمت خريطة القشرة الجسدية الحسّية لأوّل مرة بواسطة ويد مارشال في القطط والسعادين.

4. W. Penfield and T. Rasmussen. 1950. *The cerebral cortex of man.* New York: Macmillan.

5. J. N. Sanes and J. P. Donoghue. 2000. Plasticity and primary motor cortex. *Annual Review of Neuroscience,* 23:393-415, especially 394; G.D. Schott. 1993. Penfield's homunculus: A note on cerebral cartography. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry,* 56:329-33.

6.+ يكتب إريك كاندل الحائز على جائزة نوبل: "عندما كنت طالباً في كلية الطب في خمسينيات القرن الماضي، عُلّمنا أنّ خريطة القشرة الجسدية الحسّية... كانت ثابتة وغير قابلة للتغيّر طوال الحياة".

See E. R. Kandel. 2006. *In search of memory.* New York: W.W. Norton & Co., 216.

7. G. M. Edelman and G. Tononi. 2000. *A universe of consciousness.* New York: Basic Books, 38.

8.+ يمكن لمسح الدماغ، مثل *fMRI*، أن يقيس النشاط في منطقة دماغية بعرض مليمتر واحد. ولكنّ عرض العصبون نموذجياً هو **جزء من الألف** من المليمتر.

S. P. Springer and G. Deutsch. 1999. *Left brain right brain: Perspectives from cognitive neuroscience.* New York: W. H. Freeman & Co., 65.

9. P. R. Huttenlocher. 2002. *Neural plasticity: The effects of environment on the development of the cerebral cortex.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 141, 149, 153.

10. T. Graham Brown and C. S. Sherrington. 1912. On the instability of a cortical point. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Containing Papers of a Biological Character,* 85(579): 250-77.

11. D. O. Hebb. 1963, commenting in the introduction to K. S. Lashley, *Brain mechanisms and intelligence: A quantitative study of the injuries to the brain.* New York: Dover Publications, xii. (Original edition, University of Chicago Press, 1929).

12. R. L. Paul, H. Goodman, and M. M. Merzenich. 1972. Alterations in mechanoreceptor input to Brodmann's areas 1 and 3 of the postcentral hand area of *Macaca mulatta* after nerve section and regeneration. *Brain Research,* 39(1): 1-19. See also R. L. Paul, M. M. Merzenich, and H. Goodman. 1972. Representation of slowly and rapidly adapting cutaneous mechanoreceptors of the hand in Brodmann's areas 3 and 1 of *Macaca mulatta. Brain Research,* 36(2): 229-49.

.13 R. P. Michelson. 1985. Cochlear implants: Personal perspectives. In R. A. Schindler and M.M. Merzenich, eds., *Cochlear implants.* New York: Raven Press, 10.

.14 M. M. Merzenich, J. H. Kaas, J. Wall, R. J. Nelson, M. Sur, and D. Felleman. 1983. Topographic reorganization of somatosensory cortical areas 3b and 1 in adult monkeys following restricted deafferentation. *Neuroscience,* 8(1): 33-55.

.15 M. M. Merzenich, R. J. Nelson, M. P. Stryker, M. S. Cynader, A. Schoppmann, and J. M. Zook. 1984. Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *Journal of Comparative Neurology,* 224(4): 591-605.

.16 T. N. Wiesel. 1999. Early explorations of the development and plasticity of the visual cortex: A personal view. *Journal of Neurobiology,* 41(1): 7-9.

.17+ حاول جون كاس أن يتعامل مع التحامل المبكر المضاد للدونة الدماغ الراشد في علم الأعصاب البصري وجهاً لوجه. قام برسم خريطة القشرة البصرية لدماغ راشد، ومن ثم قطع المُدخلات الشبكية إليها. واستطاع أن يُظهر من خلال إعادة رسم الخريطة أنه في غضون أسابيع انتقلت حقول حسِّية جديدة إلى حيِّز الخريطة القشرية للمنطقة المتضرِّرة. رفض ناقد في مجلة *Science* النتيجة على أنها مستحيلة.

It was eventually published in J. H. Kaas, L. A. Krubitzer, Y. M. Chino,A. L. Langston, E. H. Polley, and N. Blair. 1990. Reorganization of retinotopic cortical maps in adult mammals after lesions of the retina. *Science,* 248(4952): 229-31. Merzenich assembled the scientific evidence for plasticity in D. V. Buonomano and M. M. Merzenich. 1998. Cortical plasticity: From synapses to maps. *Annual Review of Neuroscience,* 21:149-86.

.18 M. M. Merzenich, J. H. Kaas, J. T. Wall, M. Sur, R. J. Nelson, and D. Felleman. 1983. Progression of change following median nerve section in the cortical representation of the hand in areas 3b and 1 in adult owl and squirrel monkeys. *Neuroscience,* 10(3): 639-65.

.19+ تذكَّرْ أنّ باخ - واي - ريتا فكّر في أنّ إحدى الطرق التي يجدّد بها الدماغ اتصالاته الكهربائية هي من خلال "كشف" طرق قديمة، وأنه إذا قُطع طريقٌ عصبوني واحد في الدماغ، فإنّ الطرق الموجودة سابقاً تُستخدَم بدلاً منه، بالطريقة نفسها التي يكتشف فيها السائقون الطرق الخلفية القديمة عندما يُقطَع الطريق الرئيسي السريع. ومثل الطرق الخلفية القديمة، فإنّ هذه الخرائط الأقدم تكون أكثر بدائيةً من الخريطة التي حلّت محلّها، ربما بسبب قلة الاستعمال.

.20 M. M. Merzenich, J. H. Kaas, J. T. Wall, M. Sur, R. J. Nelson, and D. Felleman. 1983. Progression of change following median nerve section in the cortical representation of the hand in areas 3b and 1 in adult owl and squirrel monkeys. *Neuroscience,* 10(3): 649.

.21 D. O. Hebb. 1949. *The organization of behavior: A neuropsychological theory.* New York: John Wiley & Sons, 62.

22.+اقترح فرويد أنه عندما يتّقد عصبونان **في الوقت نفسه**، فإنّ هذا الاتقاد يسهّل ارتباطهما المستمرّ. وفي العام 1888 أسمى فرويد اقتراحه قانون الربط بالتزامن، وأكّد على أنّ ما ربط العصبونات كان اتقادها معاً **في الوقت نفسه**.

See P. Amacher. 1965. Freud's neurological education and its influence on psychoanalytic theory. New York: International Universities Press, 57-59; K. H. Pribram and M. Gill. 1976. Freud's "Project" re-assessed: Preface to contemporary cognitive theory and neuropsychology. New York: Basic Books, 62-66; S. Freud, 1895. Project for a Scientific Psychology. Translated by J. Strachey. In Standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud, vol. 1. London: Hogarth Press, 281-397.

.23 M. M. Merzenich, W. M. Jenkins, and J. C. Middlebrooks. 1984. Observations and hypotheses on special organizational features of the central auditory nervous system. In G. Edelman, W. Einar Gall, and W. M. Cowan, eds., *Dynamic aspects of neocortical function.* New York: Wiley, 397-424; M. M. Merzenich, T. Allard, and W. M. Jenkins. 1991. Neural ontogeny of higher brain function: Implications of some recent neurophysiological findings. In O. Franzén and J. Westman, eds., *Information processing in the somatosensory system.* London:Macmillan, 193-209.

.24 S. A. Clark, T. Allard, W. M. Jenkins, and M. Merzenich. 1988. Receptive fields in the body-surface map in adult cortex defined by temporally correlated inputs. *Nature*, 332(6163): 444-45; T. Allard, S. A. Clark, W. M. Jenkins, and M. M. Merzenich. 1991. Reorganization of somatosensory area 3b representations in adult owl monkeys after digital syndactyly. *Journal of Neurophysiology*, 66(3): 1048-58.

25.+تُدعَى تقنية المسح المستخدَمة تصوير الدماغ المغنطيسي (*MEG*). يولّد النشاط العصبوني نشاطاً كهربائياً وحقولاً مغنطيسية على حدّ سواء. يكتشف تصوير الدماغ المغنطيسي هذه الحقول المغنطيسية ويمكنه أن يحدّد مكان حدوث النشاط.

A. Mogilner, J. A. Grossman, U. Ribary, M. Joliot, J. Volkmann, D. Rapaport, R. W. Beasley, and R. llinás. 1993. Somatosensory cortical plasticity in adult humans revealed by magnetoencephalography. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 90(8): 3593-97.

.26 X. Wang, M. M. Merzenich, K. Sameshima, and W. M. Jenkins. 1995.Remodelling of hand representation in adult cortex determined by timing of tactile stimulation. *Nature,* 378(6552): 71-75.

.27 S. A. Clark, T. Allard, W. M. Jenkins, and M. M. Merzenich. 1986. Cortical map reorganization following neurovascular island skin transfers on the hand of adult owl monkeys. *Neuroscience Abstracts,* 12:391.

28.+يحدث تحوّلان بارعان عند تشكُّل الخرائط الطبوغرافية: يتحوّل تنظيمٌ مكاني (لأصابع اليد) إلى تتابعٍ زمني منظّم، يتحوّل بدوره إلى تنظيمٍ مكاني (للأصابع على خريطة الدماغ). أما قدرة الدماغ على إحداث تنظيمه الطبوغرافي من جديد فقد تمّ توضيحه

بطريقة رائعة للغاية في فرنسا. بُترت يدا رجلٍ من ليون في العام 1996، ومن ثمّ ازدُرعت له يدان جديدتان مكان يديه المفقودتين. وبينما كان لا يزال مبتور اليدين، أجرى أطباؤه الفرنسيون مسح *fMRI* لرسم خريطة قشرته الحسّية، التي أظهرت، كما يمكن أن يُتوقّع، أنه قد طوّر طبوغرافيةً منظّمة على نحوٍ شاذ في الخريطة استجابةً للفقد الكلي للمُدخلات العـــصبية من يديه. وفي العام 2000، بعد ازدراع يدين جديدتين له، قام الأطباء بإجراء مـــسح للدماغ بعد شهرين، وأربعة أشهر، وستة أشهر، ووجدوا أنّ اليدين المزدرعتين أصبحتا "تُميّزان وتُنشّطان طبيعياً بواسطة القشرة الحسّية" وأنّ الخريطة طوّرت طبوغرافيةً طبيعية.

P. Giraux, A. Sirigu, F. Schneider, and J-M. Dubernard. 2001. Cortical reorganization in motor cortex after graft of both hands. *Nature Neuroscience,* 4(7): 691-92.

+.29 بإدراكه أنّ خرائطنا تتشكّل بتوقيت المُدخلات إليها، حلّ ميرزنيتش لغز تجربته الأولى، حـــين قطع الأعصاب في يد السعدان، وأصبحت مختلطة بغير نظام، ولكنّ السعدان،مع ذلـــك، امتلك خريطةً طبوغرافية طبيعية التنظيم. كان من شأن الإشارات القادمة من الأصـــابع، حـــتى بعـــد اختلاط الأعصاب، أن تصل في تتابعٍ زمني ثابت – الإبهام، ثم السبّابة، ثم الوسطى – مؤدّيةً إلى تنظيم طبوغرافي للخريطة.

.30 W. M. Jenkins, M. M. Merzenich, M. T. Ochs, T. Allard, and E. Guíc-Robles. 1990. Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *Journal of Neurophysiology,* 63(1): 82-104.

+.31 M. M. Merzenich, P. Tallal, B. Peterson, S. Miller, and W. M. Jenkins. 1999. Some neurological principles relevant to the origins of - and the cortical plasticity-based remediation of - developmental language impairments. In J. Grafman and Y. Christen, eds., *Neuronal plasticity: Building a bridge from .the laboratory to the clinic.* Berlin: Springer-Verlag, 169-87, especially 172

وجـــد الفـــريق أنّ العصبونات يمكن أن تعالج إشارةً ثانية بعد 15 ميلي ثانية من الأولى. وحـــدّد الفـــريق أيضاً أنّ الفترات الزمنية التي يستطيع خلالها الدماغ أن يعالج ويدمج المعلومات تتراوح من عشرات الميلي ثانية إلى أعشار الثواني. كانت هذه النتيجة استجابة للسؤال: عندما نقول إنّ العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً، ما الذي نعنيه بالضبط بأنها تـــتّقد "معـــاً"؟ هل نعني أنها تفعل ذلك في الوقت نفسه تماماً؟ بمراجعة عملهما وعمل الآخرين، حدّد ميرزنيتش وجنكينـــز أنّ "معاً" تعني أنّ العصبونات يجب أن تتّقد (تطلق إشارات كهربائية) ضمن أجزاء من الألف إلى أجزاء من العشرة من الثانية.

M. M. Merzenich and W. M. Jenkins. 1995. Cortical plasticity, learning, and learning dysfunction. In B. Julesz and I. Kovács, eds., *Maturational windows and adult cortical plasticity. SFI studies in the sciences of complexity.* Reading, MA: Addison-Wesley, 23:247-64.

.32 M. P. Kilgard and M. M. Merzenich. 1998. Cortical map reorganization enabled by nucleus basalis activity. *Science,* 279(5357): 1714-18; reviewed in M. M. Merzenich et al., 1999.

.33 M. Barinaga. 1996. Giving language skills a boost. *Science,* 271(5245): 27-28.

.34 P. Tallal, S. L. Miller, G. Bedi, G. Byma, X. Wang, S. S. Nagarajan, C. Schreiner, W. M. Jenkins, and M. M. Merzenich. 1996. Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech. *Science,* 271(5245): 81-84.

.35+ هذه الدراسة لبرنامج فاست فورورد كانت تجربة ميدانية أميركية وطنية. أعطت دراسة أخرى أُجريت على 452 طالباً نتائجَ مماثلة.

S. L. Miller, M. M. Merzenich, P. Tallal, K. DeVivo, K. LaRossa, N. Linn, A. Pycha, B. E. Peterson, and W. M. Jenkins. 1999. *Fast ForWord* training in children with low reading performance. *Nederlandse Vereniging voor Lopopedie en Foniatrie: 1999 Jaarcongres Auditieve Vaardigheden en Spraak-taal.* [Proceedings of the 1999 Netherlands Annual Speech-Language Association Meeting].

.36 E. Temple, G. K. Deutsch, R. A. Poldrack, S. L. Miller, P. Tallal, M. M. Merzenich, and J. Gabrieli. 2003. Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 100(5): 2860-65.

.37 S. S. Nagarajan, D. T. Blake, B. A. Wright, N. Byl, and M. M. Merzenich. 1998. Practice-related improvements in somatosensory interval discrimination are temporally specific but generalize across skin location, hemisphere, and modality. *Journal of Neuroscience*, 18(4): 1559-70.

.38 M. M. Merzenich, G. Saunders, W. M. Jenkins, S. L. Miller, B. E. Peterson, and P. Tallal. 1999. Pervasive developmental disorders: Listening training and language abilities. In S. H. Broman and J. M. Fletcher, eds., *The changing nervous system: Neurobehavioral consequences of early brain disorders.* New York: Oxford University Press, 365-85, especially 377.

.39 M. Melzer and G. Poglitch. 1998. Functional changes reported after *Fast ForWord* training for 100 children with autistic spectrum disorders. Presentation to the American Speech Language and Hearing Association, November.

.40 Z. J. Huang, A. Kirkwood, T. Pizzorusso, V. Porciatti, B.Morales, M. F. Bear, Maffei, and S. Tonegawa. 1999. BDNF regulates the maturation of L. inhibition and the critical period of plasticity in mouse visual cortex. *Cell,* 98:739-55. See also M. Fagiolini and T. K. Hensch. 2000. Inhibitory threshold for critical-period activation in primary visual cortex. *Nature*, 404(6774): 183-86; E. Castrén, F. Zafra, H. Thoenen, and D. Lindholm. 1992. Light regulates expression of brain-derived neurotrophic factor mRNA in rat visual cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 89(20): 9444-48.

.41 M. Ridley. 2003. *Nature via nurture: Genes, experience, and what makes us human.* New York: HarperCollins, 166; J. L. Hanover, Z. J. Huang, S. Tonegawa, and M. P. Stryker. 1999. Brain-derived neurotrophic factor overexpression induces precocious critical period in mouse visual cortex. *Journal of Neuroscience,* 19:RC40:1-5.

.42 J. L. R. Rubenstein and M. M. Merzenich. 2003. Model of autism: Increased ratio of excitation/inhibition in key neural systems. *Genes, Brain and Behavior,* 2:255-67.

.43+أظهرت دراسات مسح الدماغ أنّ أدمغة الأطفال المتوحّدين هي أكبر حجماً من أدمغة الأطفال الطبيعيين. يقول ميرزنيتش إنّ الاختلاف في الحجم هو نتيجة للنموّ المفرط للطبقة الدهنية حول الأعصاب التي تساعد على إيصال الإشارات بسرعة أكبر. ويقول أنّ هذه الاختلافات تنشأ "بين عمرَي الستة أشهر والعشرة أشهر"، وهي الفترة التي يُطلَق فيها *BDNF* بكميات كبيرة.

.44 L. I. Zhang, S. Bao, and M. M. Merzenich. 2002. Disruption of primary auditory cortex by synchronous auditory inputs during a critical period. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 99(4): 2309-14.

.45+ليست الضجّة الخارجية وحدها هي التي تدمّر القشرة. يعتقد ميرزنيتش أنّ العديد من الحالات الموروثة تتداخل مع قدرة العصبونات على إطلاق إشارات قوية واضحة، وتبرز ضدّ خلفية نشاطات الدماغ الأخرى، مُحدثةً التأثير نفسه على الدماغ مثل الضجة البيضاء. وهو يدعو هذه المشكلة الضجة **الداخلية**.

.46 N. Boddaert, P. Belin, N. Chabane, J. Poline, C. Barthélémy, M. Mouren-Simeoni, F. Brunelle, Y. Samson, and M. Zilbovicius. 2003. Perception of complex sounds: Abnormal pattern of cortical activation in autism. *American Journal of Psychiatry,* 160: 2057-60.

.47 S. Bao, E. F. Chang, J. D. Davis, K. T. Gobeske, and M. M. Merzenich. 2003. Progressive degradation and subsequent refinement of acoustic representations in the adult auditory cortex. *Journal of Neuroscience,* 23(34): 10765-75.

.48 M. P. Kilgard and M. M. Merzenich. 1998. Cortical map reorganization enabled by nucleus basalis activity. *Science,* 279(5357): 1714-18.

.49+من أجل أن يكون تدريب الدماغ مفيداً، يجب أن "يتعمّم". على سبيل المثال، لنقل أنك تحاول أن تدرِّب الناس على تحسين المعالجة الصدغية. إذا عمدتَ إلى تدريبهم ليتحسّنوا في تمييز كل فترة زمنية معروفة (75 ميلي ثانية، 80، 90، وهكذا)، فستحتاج إلى عمر كامل من التدريب لتحسين المعالجة الصدغية. ولكنّ فريق ميرزنيتش وجد أنه يحتاج فقط إلى تدريب الدماغ على تمييز بضع فترات بكفاءة، وهذا كاف ليتيح للناس أن يميّزوا فترات عديدة أخرى. بتعبير آخر، يتعمّم التدريب، ويحسِّن الشخصُ معالجته الصدغية لمدىً كامل من الفترات الزمنية.

.50 H. W. Mahncke, B. B. Connor, J. Appelman, O. N.Ahsanuddin, J. L. Hardy, R. A. Wood, N.M. Joyce, T. Boniske, S. M. Atkins, and M. M. Merzenich. 2006.Memory enhancement in healthy older adults using a brain plasticity-

based training program: A randomized, controlled study. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103(33): 12523-28.

.51 W. Jagust, B. Mormino, C. DeCarli, J. Kramer, D. Barnes, B. Reed. 2006.Metabolic and cognitive changes with computer-based cognitive therapy for MCI. Poster presentation at the Tenth International Conference on Alzheimer's and Related Disorders, Madrid, Spain, July 15-20.

الفصل 4
اكتساب الأذواق والحبّ

+.1 هـــذه اللدونـــة هــــي أحد الأسباب التي جعلت فرويد يعتبر الجنس "شهوةً" بدلاً من "غريـــزة". الشهوة هي رغبة قوية ملحّة لها جذورٌ غريزية ولكنها أكثر لدونة من معظم الغرائز ومتأثّرة أكثر بالعقل.

+.2 يُنظِّم الوطاء أيضاً الأكل، والنوم، وهرمونات هامة.
G. I. Hatton. 1997. Function-related plasticity in hypothalamus. *Annual Review of Neuroscience,* 20:375-97; J. LeDoux. 2002. *Synaptic self: How our brains become who we are.* New York: Viking; S. Maren. 2001. Neurobiology of Pavlovian fear conditioning. *Annual Review of Neuroscience,* 24:897-931, especially 914.

.3 B. S. McEwen. 1999. Stress and hippocampal plasticity. *Annual Review of Neuroscience,* 22: 105-22.

.4 J. L. Feldman, G. S. Mitchell, and E. E. Nattie. 2003. Breathing: Rhythmicity, plasticity, chemosensitivity. *Annual Review of Neuroscience,* 26:239-66.

.5 E. G. Jones. 2000. Cortical and subcortical contributions to activity-dependent plasticity in primate somatosensory cortex. *Annual Review of Neuroscience,* 23:1-37.

.6 G. Baranauskas. 2001. Pain-induced plasticity in the spinal cord. In C. A. Shaw and J. C. McEachern, eds., *Toward a theory of neuroplasticity.* Philadelphia: Psychology Press, 373-86.

.7 J. W. McDonald, D. Becker, C. L. Sadowsky, J. A. Jane, T. E. Conturo, and L. M. Schultz. 2002. Late recovery following spinal cord injury: Case report and review of the literature. *Journal of Neurosurgery (Spine 2)* 97:252-65; J. R. Wolpaw and A. M. Tennissen. 2001. Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease. *Annual Review of Neuroscience,* 24:807-43.

+.8 أجرى ميرزنيتش تجارب تُظهر أنه عندما يحدث تغيُّر في منطقة معالجة حسّية – القشرة السمعية – فهو يسبِّب تغيُّراً في الفصّ الجبهي، وهو منطقةٌ تشترك في التخطيط، وتتصل بها القشرة السمعية. يقول ميرزنيتش: "لا يمكنك أن تغيِّر القشرة السمعية الأولية، دون أن تغيّر ما يحدث في القشرة الجبهية. هذا شيء مستحيل حتماً".

.9 M. M. Merzenich, personal communication; H. Nakahara, L. I. Zhang, and M. Merzenich. 2004. Specialization of primary auditory cortex processing by

sound exposure in the "critical period". *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 101(18): 7170-74.

10. S. Freud. 1932/1933/1964. *New introductory lectures on psycho-analysis.* Translated by J. Stratchey. In *Standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud,* vol. 22. London: Hogarth Press, 97.

11.+ لا يتطابق الحبّ الأفلاطوني مع الشهوة الجنسية الفرويدية، ولكنّ هناك بعض التداخل. الحب الأفلاطوني هو التوق الذي نشعر به في استجابة منا إلى إدراكنا لنقصنا كبشر. هو تـــوقٌ لإكمال أنفسنا. إحدى الطرق التي نحاول بها أن نتغلّب على نقصنا هي أن نجد شخـــصاً آخر نحبه. ولكنّ المتكلّمين في **حوارات** أفلاطون يؤكّدون أيضاً أنّ نفس هذا الحب البشري يمكن أن يتّخذ أشكالاً عديدة، لا يبدو بعضها جنسياً للوهلة الأولى.

12. A. N. Schore. 1994. *Affect regulation and the origin of the self: The neurobiology of emotional development.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; A. N. Schore. 2003. *Affect dysregulation and disorders of the self.* New York: W.W. Norton & Co.; A.N. Schore. 2003. *Affect regulation and the repair of the self.* New York: W. W. Norton & Co.

13. M. C. Dareste. 1891. *Recherches sur la production artificielle des monstruosités.* [Studies of the artificial production of monsters]. Paris: C. Reinwald; C. R. Stockard. 1921. Developmental rate and structural expression: An experimental study of twins, "double monsters", and single deformities and their interaction among embryonic organs during their origin and development. *American Journal of Anatomy,* 28(2): 115-277.

14.+ في السنة الأولى من الحياة، يزداد وزن الدماغ من 400 غرام عند الولادة إلى 1000 غرام في عمر الاثني عشر شهراً. نحن نعتمد للغاية على الحبّ المبكر ورعاية الآخرين لـــنا لأنّ مناطق كبيرة من دماغنا لا تبدأ في النموّ إلا بعد ولادتنا. فالعصبونات في قشرتنا قبل الجبهية، التي تساعدنا على تنظيم عواطفنا، تُشكّل اتصالاتها في السنتين الأولـــيين من الحياة، ولكن فقط بمساعدة من حولنا، وخاصةً الأمّ التي تُشكّل فعلياً دماغ طفلها.

15.+ يكـــون الانكفاء أحياناً غير متوقّع إلى حدّ كبير، ويصبح الراشدون، الناضجون عادةً، مصدومين بمدى "الصبيانية" التي يمكن أن تبلغها تصرّفاتهم.

16.+ وصف ستندهال أيضاً كيف وقعت الفتيات الصغيرات في حبّ ممثّلين "بشعين" للغاية، مثل ليه كين، الذين استثاروا من خلال أدائهم عواطف قوية لدى سارّة. مع نهاية الأداء، هتفت الفتيات: "أليس جميلاً!".

See Stendhal. 1947. *On love.* Translated by H.B.V. under the direction of C. K. Scott-Moncrieff. New York: Grosset & Dunlap, 44, 46-47.

17. R. G. Heath. 1972. Pleasure and pain activity in man. *Journal of Nervous and Mental Disease,* 154(1): 13-18.

18. Ibid.

19. Ibid.

20.+للأسف أنّ ميل مراكز اللذة والألم لدينا لأنّ يثبِّط بعضها بعضاً يعني أيضاً أنّ الشخص المكتئب، والذي تتّقد لديه مراكز البغض، يجد من الأصعب عليه أن يستمتع بالأشياء التي كان يجدها ممتعة عادةً.

21.+يحـدث الاحتمال (التقبُّل) عندما يُغمَر الدماغ بمادة - هي الدوبامين في هذه الحالة - ونتيجةً لذلك، فإنّ المستقبلات على العصبونات لتلكَ المادة "تقلّل التنظيم"، أو تقلّ في العدد، بحيث يُحتاج إلى المزيد من المادة للحصول على نفس التأثير.

22. E. S. Rosenzweig, C. A. Barnes, and B. L. Mc-Naughton. 2002.Making room for new memories. *Nature Neuroscience,* 5(1): 6-8.

23. S. Freud. 1917/1957. *Mourning and melancholia.* Translated by J. Stratchey. In *Standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud,* vol. 14. London: Hogarth Press, 237-58, especially 245.

24. W. J. Freeman. 1999.*How brains make up their minds.* London: Weidenfeld & Nicolson, 160; J. Panksepp. 1998. *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions.* New York: Oxford University Press, 231; L. J. Young and Z. Wang. 2004. The neurobiology of pair bonding. *Nature Neuroscience,* 7(10): 1048-54.

25. A. Bartels and S. Zeki. 2004. The neural correlates of maternal and romantic love. *NeuroImage,* 21:1155-66.

26. A. B. Wismer Fries, T. E. Ziegler, J. R. Kurian, S. Jacoris, and S. D. Pollak. 2005. Early experience in humans is associated with changes in neuropeptides critical for regulating social behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 102(47): 17237-40.

27. M. Kosfeld, M. Heinrichs, P. J. Zak, U. Fischbacher, and E. Fehr. 2005. Oxytocin increases trust in humans. *Nature,* 435(7042): 673-76.

28.+وصف الإغريق القدماء، بملاءمة بسيطة، ميلنا لتطوير روابط مُحبَّة قوية، ليست عقلانية دائمـاً، للعائلة والأصدقاء، بأنهُ "حبّ المرء لخاصّته"، ويبدو أنّ الأكسيتوسين هو واحدٌ من المواد الكيميائية العصبية المتعددة التي تشجّعه.

29. C. S. Carter. 2002. Neuroendocrine perspectives on social attachment and love. In J. T. Cacioppo, G. G. Bernston, R. Adolphs, et al., eds., 853-90, especially 864.

30. Personal communication.

31. T. R. Insel. 1992. Oxytocin - a neuropeptide for affiliation: Evidence from behavioral, receptor, autoradiographic, and comparative studies. *Psychoneuroendocrinology,* 17(1): 3-35, especially 12; Z. Sarnyai and G. L. Kovács. 1994. Role of oxytocin in the neuroadaptation to drugs of abuse. *Psychoneuroendocrinology,* 19(1): 85-117, especially 86.

32.+يشير فريمان إلى أنّ الهرمونات التي تؤثّر في السلوك، مثل الإستروجين أو الهرمون الدرقي، يجـب أن تُطلَق عموماً باطّراد في الجسم لإحداث تأثيراتها. ولكنّ الأكسيتوسين يُطلَق

عادةً لفترة وجيزة، وهو ما يقترح إلى حدّ كبير بأنّ دوره يتمثّل في **تهيئة الأجواء لطور جديد**، حيث السلوك الجديد يحل محلّ السلوك القائم.
قـد يكـون النسيان مهماً بصورة خاصة في الثديّات لأنّ دورة التكاثر وتنشئة الصغار تستغرق فترةً طويلة جداً وتتطلّب رابطة عميقة للغاية. إنّ تبديل الأم من كونها منهمكة كلياً ببطنٍ واحد إلى العناية بالثاني يتطلّب تعديلاً ضخماً في أهدافها، ومقاصدها، والدوائر الكهربائية العصبونية المشتركة في هذه العملية.

33. W. J. Freeman, 1995, 122-23.

34.+ أحـد التفسيرات النموذجية لصلابة العازبين المسنّين الذين يريدون أن يتزوجوا ولكنهم أصبحوا إنتقائيين جداً، هو أنهم يعجزون عن الوقوع في الحب لأنهم أصبحوا متصلّبين بازديـاد من خلال العيش بمفردهم. ولكن يُحتمَل أيضاً أنهم أصبحوا متصلّبين بازدياد لأنهم يعجزون عن الوقوع في الحب ولا يحصلون أبداً على دفعة الأوكسيتوسين التي قد تسهّل التغيّر اللدن. وبنفس الأسلوب، يمكن للمرء أن يسأل كم من قدرة الناس على القيام بدور الأبوة بشكلٍ جيد تتعزّز بالتجربة السابقة لكونهم وقعوا في الحب - بطريقة ناضجة - متيحةً لهم أن ينسوا أنانيتهم وينفتحوا لشخص آخر. إذا كانت كل تجربة حبّ ناضج تملك الإمكانات لمساعدتنا على أن ننسى أهدافنا المبكرة الأكثر أنانية وأن نصبح أقلّ أنانيةً، فإنّ الحب الراشد الناضج سيكون واحداً من أفضل المتكهنات بالقدرة على القيام بدور الأبوة جيداً.

الفصل 5
إحياءات منتصف الليل

1. P. W. Duncan. 2002. Guest editorial. *Journal of Rehabilitation Research and Development,* 39(3): ix-xi.

2. P. W. Duncan. 1997. Synthesis of intervention trials to improve motor recovery following stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation,* 3(4): 1-20; E. Ernst. 1990. A review of stroke rehabilitation and physiotherapy. *Stroke,* 21(7): 1081-85; K. J. Ottenbacher and S. Jannell. 1993. The results of clinical trials in stroke rehabilitation research. *Archives of Neurology,* 50(1): 37-44; J. de Pedro-Cuesta, L. Widen-Holmquist, and P. Bach-y-Rita. 1992. Evaluation of stroke rehabilitation by randomized controlled studies: A review. *Acta Neurologica Scandinavica,* 86:433-39.

3.+ سيُظهر اختصاصيو اللدونة العصبية أنّ واطسون المتغطرس مخطئ، وأنّ أفكارنا ومهاراتنا تشكّل بالفعل ممرّات جديدة وتعمّق الممرّات الأقدم.

4.+ إنّ فكرة أنّ كل شيء نقوم به هو فعلٌ منعكس لها أساسٌ سابقٌ لزمان شرينغتون، وفهمُ هـذا الأسـاس يساعد المرء على فهم السبب وراء رسوخ الفكرة. اقترح الفسيولوجي الألمـاني إرنست بروك أنّ جميع الوظائف الدماغية تشتمل على وظائف انعكاسية. كان

بروك حذراً من الميل، الذي كان شائعاً في أيامه، لوصف الجهاز العصبي بالرجوع إلى "القوى الحيوية" الروحية أو السحرية ولكن المبهمة. أراد بروك وتابعوه أن يصفوا الجهاز العصبي بلغة تتساوق مع قوانين نيوتن للفعل وردّ الفعل، ومع ما كان يُعرَف بالكهرباء. بالنسبة إليهم، فإنّ الجهاز العصبي، من أجل أن يكون جهازاً، لا بدّ أن يكون ميكانيكياً. إنّ فكرة الفعل المنعكس، الذي يتسبّب فيه **مُنبِّهٌ** فيزيائي في إثارة تنتقل عبر عصب حسّي إلى عصب حركي تقوم بتنبيهه وإحداث **استجابة**، راقت جدّاً إلى السلوكيين لأنّها اشتملت على فعلٍ معقّد لم يشترك فيه العقل. بالنسبة للسلوكيين، أصبح العقل ممثّلاً سلبياً، وبقيت طريقة تأثيره أو تأثّره بالجهاز العصبي غير واضحة. خصّص ب. ف. سكنر جزءاً كبيراً من واحد من كتبه لمناقشة السلوكية والنظرية الانعكاسية.

+.5 اكتشف تاوب أخيراً أنّ ألمانياً يُدعى هـ. مونك قد وثّق إجراءه لتجربة تعطيل الجذبان المركزي في العام 1909 واستطاع أن يجعل السعدان يُطعم نفسه بتقييد ذراعه السليمة ومكافأته على استعمال الذراع المعطّلة الجذبان المركزي.

+.6 كتب بافلوف: "... جهازنا العصبي هو ذاتي التنظيم إلى الحدّ الأقصى، وهو ذاتي البقاء، والصيانة، وإعادة التكيّف، وحتى التحسُّن. إنّ الانطباع الرئيس، والأقوى، والدائم المُتأتّي من دراسة النشاط العصبي الأعلى بطريقتنا، هو اللدونة القصوى لهذا النشاط، وإمكانياتها الهائلة: لا شيء يبقى ساكناً وصلباً، وكل شيء يمكن أن يتحقّق، وكل شيء يمكن أن يتغيّر إلى الأفضل، إذا تمّ فقط إدراك الظروف الملائمة".

Cited in D. L. Grimsley and G. Windholz. 2000. The neurophysiological aspects of Pavlov's theory of higher nervous activity: In honor of the 150th anniversary of Pavlov's birth. *Journal of the History of the Neurosciences,* 9(2): 152-163, especially 161. Original passage from I. P. Pavlov. 1932. The reply of a physiologist to psychologists. *Psychological Review,* 39(2): 91-127, 127.

.7 G. Uswatte and E. Taub. 1999. Constraint-induced movement therapy: New approaches to outcomes measurement in rehabilitation. In D. T. Stuss, G.Winocur, and I.H. Robertson, eds., *Cognitive neurorehabilitation.* Cambridge: Cambridge University Press, 215-29.

.8 E. Taub. 1977.Movement in nonhuman primates deprived of somatosensory feedback. In J. F. Keogh, ed., *Exercise and sport sciences reviews.* Santa Barbara: Journal Publishing Affiliates, 4:335-74; E. Taub. 1980. Somatosensory deafferentation research with monkeys: Implications for rehabilitation medicine. In L. P. Ince, ed., *Behavioral psychology in rehabilitation medicine: Clinical applications*. Baltimore: Williams & Wilkins, 371-401.

.9 E. Taub, 1980.

.10 K. Bartlett. 1989. The animal-right battle: A jungle of pros and cons. *Seattle Times,* January 15, A2.

.11 C. Fraser. 1993. The raid at Silver Spring. *New Yorker,* April 19, 66.

12. E. Taub. 1991. The Silver Spring monkey incident: The untold story. *Coalition for Animals and Animal Research,* Winter/Spring, 4(1): 2-3.

13. C. Fraser, 1993, 74.

14.+ شهد الطبيب البيطري لإدارة الزراعة، الذي قام بزيارات غير مُعلنة إلى مختبر تاوب خلال الفتـــرة التي كان فيها باشيكو هناك، أنه لم يجد الظروف غير المُرضية المصوَّرة من قِبَل باشـــيكو. لم تجد المحكمة تاوب مذنباً بجرم المعاملة القاسية أو غير الإنسانية للحيوانات ولكنها مع ذلك غرّمته $3,500 للتهم الباقية. جادلت المحكمة بأنه كان يجب أن يلتمس معـــونةً بيطـــرية خارجية لستة من سعادينه المعطّلة الجذبان المركزي بدلاً من معالجتها بنفسه - رغم أنه لا يوجد أي طبيب بيطري له مثل خبرته في الحيوانات المعطّلة الجذبان المركزي - وهكذا بقيت ضدّه ستّ تهم، واحدة لكل حيوان.
نظراً لأنّ إدانات تاوب في المحاكمة الأولى كانت لجُنَح، فقد كان مخوّلاً، وفقاً للقانون، لأن يحاكم من قِبَل هيئة محلّفين. وفي نهاية هذه المحاكمة الثانية، في حزيران/يونيو من العام 1982، تمّـــت تبرئته من خمس من التهم الستّ، أو من 118 تهمة من أصل 119. التهمة الوحـــيدة المتبقّية كانت أنّ المختبر لم يزوّد برعاية بيطرية ملائمة لسعدان واحد، يُدعَى نيرو، وهو ما تسبّب في إصابته، كما زُعِم، بإنتان عظمي. لقد كتب تاوب عن وجود تقرير مرضي يُظهر أنّ السعدان لم يكن مصاباً بإنتان عظمي.
E. Taub, 1991, 6.

15.+ T. Dajer. 1992.Monkeying with the brain. *Discover,* January, 70-71. ساعد عددٌ قليل من العلماء تاوب، من بينهم نيل ميلر وفرنون ماونتكاسل (معلم ميرزنيتش)، الذي أيّد تاوب وساعده في دفاعه.

16.+ قالـــت متبرّعة متعاطفة مع مجموعة *PETA*، كانت قد تعهّدت للمجموعة بمليون دولار مـــن إرثهـــا، أنها ستسحب تعهّدها إذا استمرّ تاوب في عمله بالجامعة. وجادل بعض أعضاء الهيئة الإدارية والتدريسية في جامعة ألاباما بأنه حتى لو كان تاوب بريئاً، فلا يزال مثيراً للخلاف إلى حدّ كبير.

17. E. Taub, G. Uswatte, M. Bowman, A. Delgado, C. Bryson, D. Morris, and V.W. Mark. 2005. Use of CI therapy for plegic hands after chronic stroke. Presentation at the Society for Neuroscience, Washington, DC, November 16, 2005. An earlier paper documented a 50 percent improvement rate: G. Uswatte and E. Taub. 1999. Constraint-induced movement therapy: New approaches to outcomes measurement in rehabilitation. In D. T. Stuss, G. Winocur, and I. H. Robertson, eds., *Cognitive neurorehabilitation.* Cambridge: Cambridge University Press, 215-29.

18. E. Taub, G. Uswatte, D. K. King, D. Morris, J. E. Crago, and A. Chatterjee. 2006. A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. *Stroke,* 37(4): 1045-49. E. Taub, G. Uswatte, and T. Elbert. 2002. New treatments in neurorehabilitation founded on basic research. *Nature Reviews Neuroscience,* 3(3): 228-36.

.19 E. Taub, N. E. Miller, T. A. Novack, E.W. Cook, W. C. Fleming, C. S. Nepomuceno, J. S. Connell, and J. E. Crago. 1993. Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 74(4): 347-54.

.20 Liepert, W. H. R. Miltner, H. Bauder, M. Sommer, C. Dettmers, E. Taub, J. and C. Weiller. 1998. Motor cortex plasticity during constraint-induced movement therapy in stroke patients. *Neuroscience Letters,* 250:5-8.

.21 B. Kopp, A. Kunkel, W. Mühlnickel, K. Villringer, E. Taub, and H. Flor. 1999. Plasticity in the motor system related to therapyinduced improvement of movement after stroke. *NeuroReport,* 10(4): 807-10.

.22+ في حين أنّ اللدونة تجعل التعافي ممكناً، إلا أنّ اللدونة التنافسية قد تكون أيضاً عاملاً يحدّ من التعافي في أناسٍ يخضعون لمعالجة تقليدية. يحوي الدماغ عصبونات يمكن أن تتكيّف وتــضطّلع إمــا بالوظيفة الحركية المفقودة أو بالوظيفة المعرفية المفقودة، وقد تُستخدَم، بالتالي، لأيٍّ من الوظيفتين خلال عملية التعافي. يدرس الباحث في جامعة تورنتو، روبين غرين، هذه الظاهرة. تُظهر البيانات التمهيدية – لمرضى داخليين خاضعين لبرنامج إعادة تأهيل عصبــي، وليس لمرضى خاضعين لعلاج تاوب – أنّ هناك بعض المبادلة في بعض المرضى الذين يعانون من اختلالات معرفية وحركية ناشئة عن إصابتهم بسكتات دماغية بيــنما يتحــسّنون؛ كلما كان مقدار تحسُّنهم المعرفي أكثر، كان تحسُّنهم الحركي أقلّ، والعكس صحيح.
R. E. A. Green, B. Christensen, B. Melo, G. Monette, M. Bayley, D. Hebert, E. Inness, and W. Mcilroy. 2006. Is there a trade-off between cognitive and motor recovery after traumatic brain injury due to competition for limited neural resources? *Brain and Cognition,* 60(2): 199-201.

.23 F. Pulvermüller, B. Neininger, T. Elbert, B. Mohr, B. Rockstroh, M. A. Koebbel, and E. Taub. 2001.Constraint-induced therapy of chronic aphasia after stroke. *Stroke,* 32(7): 1621-26.

.24 Ibid.

.25 E. Taub, S. Landesman Ramey, S. DeLuca, and K. Echols. 2004. Efficacy of constraint-induced movement therapy for children with cerebral palsy with asymmetric motor impairment. *Pediatrics,* 113(2): 305-12.

.26 T. P. Pons, P. E. Garraghty, A. K. Ommaya, J. H. Kaas, E. Taub, and M. Mishkin. 1991. Massive cortical reorganization after sensory deafferentation in adult macaques. *Science,* 252(5014): 1857-60.

الفصل 6
فتح قفل الدماغ

.1 Associated Press story, February 24, 1988. Cited in J. L. Rapoport. 1989. *The boy who couldn't stop washing.* New York: E. P. Dutton, 8-9.

+.2 في حالات نادرة فقط، يكون الناس المصابون بالوسواس القهري عاجزين كلياً عن تقدير أنّ مخاوفهم مُبالَغ فيها، ويعاني مثل هؤلاء الناس أحياناً من الوسواس القهري ومرضٍ شبه ذهاني، أو ذهاني، على السواء.

.3 J. M. Schwartz and S. Begley. 2002. *The mind and the brain: Neuroplasticity and the power of mental force.* New York: ReganBooks/HarperCollins, 19.

.4 Ibid., xxvii, 63.

.5 J. M. Schwartz and B. Beyette. 1996. *Brain lock: Free yourself from obsessivecompulsive behavior.* New York: ReganBooks/HarperCollins.

+.6 تقـــع الـــنواة المذنّبة مباشرةً بجوار منطقة دماغية تؤدّي وظيفةً مماثلة تُدعَى قشرة النواة العَدَسية *putamen*. يشبك الـــ *putamen* الحركات الفردية في تتابعٍ أوتوماتيكي متدفّق، وعـــندما يتلف بسبب الإصابة بداء هنتنغتون، لا يستطيع المرضى أن ينتقلوا أوتوماتيكياً من حركة إلى أخرى، وعليهم أن يفكّروا في شأن كل حركة يقومون بها، أو يصبحون "عـــالقين" فعلياً. تصبح كل حركة مجهدة كما كانت في المرة الأولى التي تعلّموها فيها. تتطلّب كل حركة – تنظيف الأسنان بالفرشاة، النهوض من السرير، الردّ على الهاتف – انتباهاً مستمراً مُجهداً.

J. J. Ratey and C. Johnson. 1997. *Shadow syndromes.* New York: Pantheon Books, 308-9.

+.7 اكتشف الباحثون في المعاهد الوطنية للصحة مؤخّراً أنّ بعض الأطفال الذين لم يُظهروا أية علامات للوسواس القهري قد أصيبوا به فجأة بين عشية وضحاها بعد معاناتهم من الـــتهاب في الحلق *strep throat*. أظهر مسح الدماغ *MRI* أنّ نواهم المذنّبة قد انتفخت بنسبة 24 بالمئة. كان هؤلاء الأطفال قد عانوا من إنتانات مكوّرية عقدية *streptococcal infections* حاربها جهازهم المناعي، مُهاجماً المرض والنواة المذنّبة على حدّ سواء، مطوِّراً داء مناعة ذاتية، هاجمت فيه أجسامهم-المضادة *antibodies* جسمهم والمكوّرات العقدية علـــى حـــدّ سواء. العلاجات التقليدية لداء المناعة الذاتية هي العقاقير التي تكبح جهاز المـــناعة وتُـــنظّفه من الأجسام المضادة. مع هذه العلاجات، اختفى الوسواس القهري مـــن هـــؤلاء الأطفـــال. أما الأطفال القليلون الذين كانوا مصابين بالفعل بالوسواس القهـــري لدى إصابتهم بالتهاب الحلق *strep throat* فقد أصبحت حالتهم أسوأ بشكلٍ ملحـــوظ. لوحظ أيضاً أنّ انتفاخ النواة المذنّبة كان متناسباً مع درجة وخامة الوسواس القهري.

.8 J. M. Schwartz and S. Begley, 2002, 75.

.9 J. M. Schwartz and B. Beyette, 1996.

.10 J. S. Abramowitz. 2006. The psychological treatment of obsessive-compulsive disorder. *Canadian Journal of Psychiatry,* 51(7): 407-16, especially 411, 415.

.11 Ibid., 414.

.12 J. M. Schwartz and S. Begley, 2002, 77.

.13 J. M. Schwartz and B. Beyette, 1996, 18.

14.+إذا أردت أن ترفع خمسين كيلوغراماً، فأنت لا تتوقّع أن تنجح في ذلك من المرة الأولى. تبدأ أولاً برفع كتلة أصغر ومن ثمّ تتدرّب تدريجياً وصولاً إلى الكتلة المطلوبة. والواقع أنك تفشل يومياً في رفع الخمسين كيلوغرام إلى أن يأتي اليوم الذي تنجح فيه. ولكنّ التطوّر يحدث بالفعل في الأيام التي تُجهد فيها نفسك لتبلغ في النهاية النتيجة المرغوبة.

الفصل 7
الألم

1. R. Melzack. 1990. Phantom limbs and the concept of a neuromatrix. *Trends in Neuroscience,* 13(3): 88-92; P. Wall. 1999. *Pain: The science of suffering.* London: Weidenfeld & Nicholson.

2. P. Wall, 1999, 10.

3. T. L. Dorpat. 1971. Phantom sensations of internal organs. *Comprehensive Psychiatry,* 12:27-35.

4. H. F. Gloyne. 1954. Psychosomatic aspects of pain. *Psychoanalytic Review,* 41:135-59.

5. P. Ovesen, K. Kroner, J. Ornsholt, and K. Bach. 1991. Phantom-related phenomena after rectal amputation: Prevalence and clinical characteristics. *Pain,* 44:289-91.

6. R. Melzack, 1990; P. Wall, 1999.

7.+ يمنع الألم المشاكل عادةً. عندما نرشف كوباً حاراً من القهوة ونحرق لساننا، نصبح أقلّ احتمالاً لأن نبتلع ونصيب أنفسنا بمزيد من الضرر. إنّ الأطفال المولودين بعجز عن الإحساس بالألم، وهي حالة تُعرَف بـ "فقدان الألم الخلقي"، يموتون غالباً صغاراً بسبب أمراضٍ ثانوية أساساً. على سبيل المثال، هم لا يعرفون أن يتوقّفوا عن المشي على مفصل مُصابٍ وقد يموتون بسبب إنتان في العظم.

8. V. S. Ramachandran, D. Rogers-Ramachandran, and M. Stewart. 1992. Perceptual correlates of massive cortical reorganization. *Science,* 258 (5085): 1159-60.

9. H. Flor, T. Elbert, S. Knecht, C. Wienbruch, C. Pantev, N. Birbaumer, W. Larbig, and E. Taub. 1995. Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature,* 375(6531): 482-84.

10. V. S. Ramachandran and S. Blakeslee. 1998. *Phantoms in the brain.* New York: William Morrow. Also, personal communication.

11. V. S. Ramachandran and S. Blakeslee, 1998, 33.

12.+أشارت مارثا فرح، من جامعة بنسلفانيا، إلى أنّ الأطفال الملتفّين في الرحم تكون أرجلهم غالباً متقاطعة ومطوية على أعضائهم التناسلية. وبالتالي فإنّ الأرجل والأعضاء التناسلية ستُنبَّه معاً عندما يلامس بعضها بعضاً، ومن ثم تكون خرائطها متجاورة لأنّ العصبونات التي تتّقد معاً تتّصل معاً.

13. J. Katz and R. Melzack. 1990. Pain "memories" in phantom limbs: Review and clinical observations. *Pain*, 43:319-36.

14. W. Noordenbos and P. Wall. 1981. Implications of the failure of nerve resection and graft to cure chronic pain produced by nerve lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 44:1068-73.

15.+ لأنّ الطرف الشبحي موهم، فإنّ الشخص الذي يعاني من ألم إحكام الشدّ لا يمكنه أن يستخدم الحقيقة لتحدّي الذاكرة التي تربط إحكام الشدّ مع الألم. ولهذا فهو مُحتجزٌ في الماضي.

Proposed by Ronald Melzack in R. Melzack, 1990.

16. Rogers-Ramachandran. 1996. Synaesthesia in V. S. Ramachandran and D. with mirrors. *Proceedings of the Royal Society B:* phantom limbs induced *Sciences,* 263(1369): 377-86. *Biological*

17. P. Giraux and A. Sirigu. 2003. Illusory movements of the paralyzed limb restore motor cortex activity. *NeuroImage,* 20:S107-11.

18.+ مُلهمةً بعمل راماشاندران، قامت هيرتا فلور، من جامعة هيدلبيرغ في ألمانيا، بمعالجة المبتورين المعانين من ألمٍ شبحي باستخدام علاج المرآة وقامت بإجراء مسح fMRI لترى ما كان يحدث في رؤوسهم. في البداية، لم يُظهروا أي نشاط في خرائط اليد الحسّية والحركية ليدهم المبتورة. ولكن مع تقدّم العلاج، أصبحت خرائط اليد الحسّية ليدهم المبتورة نشيطة مجدّداً.

This study has not yet been published but was reported in *The Economist,* 2006. Science and technology: A hall of mirrors; Phantom limbs and chronic pain. July 22, 380(8487): 88.

19. R. Melzack and P. Wall. 1965. Pain mechanisms: A new theory. *Science,* 150(3699): 971-79.

20.+ يفكّر العلماء الآن في شأن مناطق عديدة مستجيبة للألم في الدماغ، تدعى "مصفوفة الألم"، بما فيها المهاد (السرير البصري)، والقشرة الجسدية الحسّية، وجزيرة ريل، والقشرة المطوّقة الأمامية، ومناطق أخرى.

21. Study by H. Beecher, cited in P. Wall, 1999.

22.+ رأى العديد من الناس ظاهرة "بوابة التحكّم بالألم" في العام 1981، عندما رأوا فيلم إطلاق النار على الرئيس رونالد ريغان في الصدر برصاصة 9 مليمتر، في محاولة اغتيال. وقف ريغان هناك فقط غير شاعرٍ بشيء. لم يعرف هو ولا جهاز الأمن، الذي دفع به بقوة إلى سيارته لحمايته، أنه قد أُصيب. قال ريغان في برنامجٍ وثائقي على الـ *CBS*: "لم يُطلَق عليّ الرصاص أبداً من قبل، إلا في الأفلام. وحينها كنت أمثّل دوماً أنّ ذلك يؤلم. الآن أنا أعرف أنّ ذلك لا يحدث دوماً".

23. T. D. Wager, J. K. Rilling, E. E. Smith, A. Sokolik, K. L. Casey, R. J. Davidson, S.M. Kosslyn, R. M. Rose, and J. D. Cohen. 2004. Placebo-induced changes in fMRI in the anticipation and experience of pain. *Science,* 303(5661): 1162-67.

.24 R. Melzack, T. J. Coderre, A. L. Vaccarino, and J. Katz. 1999. Pain and neuroplasticity. In J. Grafman and Y. Christen, eds., *Neuronal plasticity: Building a bridge from the laboratory to the clinic.* Berlin: Springer-Verlag, 35-52.

.25 Hypersensitivity was proposed by J. MacKenzie. 1893. Some points bearing on the association of sensory disorders and visceral diseases. *Brain,* 16:321-54.

.26 R. Melzack, T. J. Coderre, A. L.Vaccarino, and J. Katz, 1999, 37.

.27 R. Melzack, T. J. Coderre, A. L.Vaccarino, and J. Katz, 1999, 46.

.28 V. S. Ramachandran and S. Blakeslee, 1998, 54.

.29 V. S. Ramachandran. 2003. *The emerging mind: The Reith lectures 2003.* London: Pro.le Books, 18-20.

.30+ في الحالات التي وصفها راماشاندران، حدث الألم المزمن والاحتراس المرضي لأنّ الأمر الحركـــي للحركة كان متصلاً مباشرةً بمركز الألم، ولهذا فحتى فكرة الحركة سبّبت ألماً واحتراســاً وقائيّين. وأنا أظنّ أنّ شيئاً يشبه الألم والاحتراس الوقائيّين يحدث حين يشعر الـــناس بالـــذنب عندما يتخيّلون فقط قيامهم بأمور سيئة. يتصل الأمر الحركي للرغبة الممنوعة مباشرةً بمركز قلق، ولهذا فهو يستحثّ الكرْب حتى قبل تنفيذ الرغبة. سيؤدّي هذا إلى إكساب الشعور بالذنب القدرة على منع الأفعال السيئة، وليس فقط على جعلنا نشعر بشعور سيئ بعد القيام بالفعل.

.31 C. S. McCabe, R. C. Haigh, E. F. J. Ring, P. W. Halligan, P. D. Wall, and D. R. Black. 2003. A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). *Rheumatology,* 42:97-101. They studied complex regional pain syndrome, or CRPS, which includes a number of syndromes, including reflex sympathetic dystrophy, causalgia, and algodystrophy.

.32 G. L. Moseley. 2004. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: A randomised controlled trial. *Pain,* 108:192-98.

.33 S. Bach, M. F. Noreng, and N. U. Tjéllden. 1988. Phantom limb pain in amputees during the first twelve months following limb amputation, after preoperative lumbar epidural blockade. *Pain,* 33:297-301; Z. Seltzer, B. Z. Beilen, R. Ginzburg, Y. Paran, and T. Shimko. 1991. The role of injury discharge in the induction of neuropathic pain behavior in rats. *Pain,* 46:327-36; P. M. Dougherty, C. J. Garrison, and S. M. Carlton. 1992. Differential influence of local anesthesia upon two models of experimentally induced peripheral mononeuropathy in rats. *Brain Research,* 570:109-15.

.34+ R. Melzack, T. J. Coderre, A. L. Vaccarino, and J. Katz, 1999, 35-52, 43-45.
اســـتخدمت هيرتـــا فلـــور التفكير المنطقي نفسه لإنقاص الألم التالي للجراحة للمرضى الخاضعين للبتر، بحقنهم بالعقار ميمانتين *memantine*. مُتّبعةً فكرة راماشاندران بأنّ الألم الشبحي هو ذكرى احتُجزت في الجهاز، تستخدم فلور الميمانتين لمنع نشاط البروتينات

الضرورية لتشكيل الذكريات. وقد وجدت أنّ العقار يعمل بنجاح إذا أُعطي قبل البتر، أو في الأسابيع الأربعة الأولى مباشرةً بعد البتر.
Reported in *The Economist,* 2006.

35. Wisdom, L. Stone, C. Foster, D. Galasko, D. M. E. E. L. Altschuler, S. B. Llewellyn, and V. S. Ramachandran. 1999. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet,* 353(9169): 2035-36.

36. K. Sathian, A. I. Greenspan, and S. L. Wolf. 2000. Doing it with mirrors: A case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair,* 14(1): 73-76.

الفصل 8
التخيُّل

1. It was Michael Faraday who discovered, in the nineteenth century, that a changing magnetic. eld induces an electric current around it.

2. A. Pascual-Leone, F. Tarazona, J. Keenan, J. M. Tormos, R. Hamilton, and M.D. Catala. 1999. Transcranial magnetic stimulation and neuroplasticity. *Neuropsychologia,* 37:207-17.

3. A. Pascual-Leone, J. Valls-Sole, E. M. Wassermann, and M. Hallet. 1994. Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex. *Brain,* 117: 847-58.

4. A. Pascual-Leone, B. Rubio, F. Pallardo, and M. D. Catala. 1996. Rapid-rate transcranial stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex in drug-resistant depression. *Lancet,* 348(9022): 233-37.

+5. خلافاً للمعالجة بالصدمة الكهربائية (*ECT*)، فإنّ التنبيه المغنطيسي عبر القحفي (*TMS*) لا يتطلّب تخدير المريض ولا يسبّب نوبة. كما أنه يسبّب عدداً أقلّ من التأثيرات الجانبية المعرفية القصيرة الأمد، مثل المشاكل المتعلّقة بالذاكرة.

6. A. Pascual-Leone, R. Hamilton, J. M. Tormos, J. P. Keenan, and M. D. Catala. 1999. Neuroplasticity in the adjustment to blindness. In J. Grafman and Y. Christen, eds., *Neuronal plasticity: Building a bridge from the laboratory to the clinic.* New York: Springer-Verlag, 94-108, especially 97.

+7. مـــن أجـــل أن يرسم خريطة القشرة الحركية، نبّه باسكوال - ليون جزءاً من القشرة، ولاحـــظ أيـــة عضلة تحرّكت، وسجّلها. ثمّ حرّك محراك paddle الـ *TMS* سنتيمتراً واحـــداً علـــى رأس الخاضع للتجربة، ولاحظ ما إذا كان قد استحثّ نفس العضلة أو عضلة مختلفة. ومن أجل أن يحدّد حجم الخريطة **الحسّية**، لمس أطراف أصابع الشخص، وسأله إن كان قد شعر باللمس. ومن ثمّ طبّق التنبيه المغنطيسي عبر القحفي *TMS* على دماغ الشخص ليرى إن كان بإمكانه أن **يمنع** تلك الإحساسات. فإذا تمكّن من منعها، عرف أنّ تلك المنطقة في الدماغ هي جزءٌ من الخريطة الحسّية. وبرؤية كم تطلّب الأمر من التنبيه عبر المغنطيسي لمنع الشخص من الإحساس بأنه يُلمَس، كوّن فكرةً عن مدى

حجم الخريطة الحسّية. فإذا اضطّر إلى رفع التنبيه إلى شدّة عالية لمنع الإحساس، علِم أنّ هناك الكثير من التمثيل القشري لطرف الإصبع. ثمّ حرّك paddle الــ *TMS* إلى مواقع مختلفة على فروة الرأس، لتعيين الحدود الدقيقة للخريطة.

+.8 إنّ العمــل التمهيدي لفكرة أنّ الأفكار يمكن أن تغيّر البنية الفيزيائية للدماغ اقتُرِح قبل خمــسمائة ســنة مــن قِبَل توماس هوبز (1588–1679)، ثمّ طُوِّر بواسطة الفيلسوف ألكــسندر بــين، وســيغموند فرويد، وعالم التشريح العصبــي سانتياغو رامون واي كاجال.

اقتــرح هوبز أنّ تخيُّلنا مرتبطٌ بالإحساس، وأنّ الإحساس يقود إلى تغيُّرات فيزيائية في الدماغ. T. Hobbes. 1651/1968. *Leviathan*. London: Penguin, 85-88. See also his work *De Corpore*. جــادل هوبز بأنه عندما يتمّ لمس شخص، فإنّ التأثير ينتقل، علــى شكل حركة، على طول الأعصاب، مؤدِّياً إلى انطباعات حسِّية. ويحدث الشيء نفــسه عندما يدخل الضوء العين، حيث يُنشئ التأثير "حركةً" في الأعصاب. وبالفعل، فإنّ هذه الفكرة بأنّ الحركة تمتدّ في الجهاز العصبــي لا تزال حيّةً اليوم في لغتنا عندما نتكلّم عن "انطباعات" حسِّية – لأنّ الانطباعات تسبِّبها عادةً قوةٌ محرِّكة تُحدث ضغطاً. عرّف هوبز التخيُّل بأنه "مجرّد إحساس مُضمَحلّ". وهكذا، عندما نرى شيئاً، ثمّ نغمض أعيننا، فلا يزال بإمكاننا أن نتخيّله، رغم أنّ تخيُّلنا له يكون أكثر بهوتاً لأنه "يضمحلّ". جادل هوبز بأننا عندما "نتخيّل" شيئاً خيالياً مثل القنطور، فنحن نجمع ببساطة صورتَين، لأنّ القنطور هو صورة تجمع رجلاً وفرساً معاً.

إنّ فكرة هوبز بأنّ الأعصاب "تتحرّك" في استجابة منها إلى اللمس، والضوء، والصوت، وغيرهــا لم تكــن تخميناً سيئاً في عصر سبق عصر الكهرباء بكثير، لأنه حدس بشكلٍ صحيح أنّ الأعصاب تنقل نوعاً ما من الطاقة الفيزيائية إلى الدماغ (يُحتمَل أنّ هوبز قد حصل على بعض المساعدة من غاليليو، حين زاره في رحلة له إلى إيطاليا. بدأ هوبز، ربما بناءً على اقتراح غاليليو، بتطبيق قوانين غاليليو الفيزيائية الجديدة للحركة على فهم العقل والإحساس).

وعلــى نحوٍ مماثل، فقد تبيّن أنّ جزم هوبز بأنّ التخيُّل هو "مجرّد إحساسٍ مُضمَحلّ" هو جزمٌ متبصِّرٌ للغاية. يُظهر مسح تصوير طبقي لانبعاث البوزترون *PET* أنّ الصوَر البصرية المُتخــيَّلة تُــولَّد بواسطة نفس المراكز البصرية التي تولِّد الصوَر الحقيقية المُنتَجة بواسطة منبِّهات خارجية.

كان هوبز من المؤمنين بالمذهب المادي، حيث اعتقد أنّ عمل الجهاز العصبــي، والدماغ، والعقــل، يخضع لنفس المبادئ، ولهذا لم تكن لديه مشكلة، من حيث المبدأ، في فهم كيف يمكن للتغيّرات في التفكير أن تقود إلى تغيّرات في الأعصاب. تمّت معارضة فكرته من قِبَلِ رينــيه ديكــارت الذي كان معاصراً له، والذي جادل بأنّ العقل والدماغ يعملان وفقاً

لقـــوانين مختلفة كلياً. فالعقل، أو الروح كما يدعوه أحياناً، يشتمل على أفكار غير مادية، ولا يخـــضع لنفس القوانين الفيزيائية التي يخضع لها الدماغ المادي. يتألّف وجودنا من هذه الازدواجـــية، والـــناسِ الـــذين يتبعون ديكارت يُطلَق عليهم اسم "الازدواجيين". ولكنّ ديكارت لم يستطع أبداً أن يشرح بشكلٍ موثوق كيف يستطيع العقل غير المادي أن يؤثّر في الدماغ المادي. وعلى مدى قرون، تبعَ معظم العلماء ديكارت، وكانت النتيجة أنه بدا مستحيلاً أن نتصوّر فكرة أنّ التفكير قد يغيّر بنية الدماغ الفيزيائية.

وبعـــد مئتَي سنة من ذلك، في العام 1873، نقل ألكسندر بين فكرة هوبز إلى المستوى الـــتالي واقتـــرحَ أنه في كل مرة يحدث فيها تفكير، أو ذكرى، أو عادة، أو سلسلة من الأفكار، يحدث "نموّ في الوصلات الخلوية" للدماغ. A. Bain. 1873. *Mind and body: The theories of their relation*. London: Henry S. King. تؤدّي الأفكار إلى تغيّرات في ما سُمِّيّ لاحقاً بالمشابك. ثمّ أضاف فرويد، بناءً على بحثه الخاص في علم الأعصاب، أنّ "التخيُّل" أيضاً يقود إلى تغيُّرات في الاتصالات العصبونية.

وفي العام 1904، خمّن عالم التشريح العصبـــي الأسباني، سانتياغو رامون واي كاجال، أنّ التغيّرات في هذه الشبكات لا تحدث فقط بسبب التدريب الفيزيائي بل أيضاً بسبب التدريب العقلي. انظر أدناه، وانظر النصّ.

9. S. Ramón y Cajal. 1894. The Croonian lecture: La fine structure des centres nerveux. *Proceedings of the Royal Society of London,* 55:444-68, especially 467-68.

10.+ كـــتب رامـــون واي كاجـــال: "إنّ عمل عازف البيانو... مُتعذّر بلوغه للإنسان غير المـــدرَّب، لأنّ اكتـــساب قدرات جديدة يتطلّب سنوات عديدة من التدريب العقلي والفيزيائي. من أجل أن نفهم بشكلٍ كامل هذه الظاهرة المعقّدة، من الضروري أن نسلّم بأنه، إضافةً إلى تقوية الممرات العضوية المؤسّسة سابقاً، يتمّ أيضاً تأسيس ممرات جديدة من خلال التشعّبات والنموّ التدريجي للتشجّرات التغصُّنية والأطراف العصبية... يحدث تطوُّر كهذا استجابةً للتمرين، بينما يتوقّف وقد يُعكَس في الأدمغة غير المُعتَنى بها".

S. Ramón y Cajal. 1904. *Textura del sistema nervioso del hombre y de los sertebrados.* Cited by A. Pascual-Leone. 2001. The brain that plays music and is changed by it. In R. Zatorre and I. Peretz, eds., *The biological foundations of music.* New York: Annals of the New York Academy of Sciences, 315-29, especially 316.

11. A. Pascual-Leone, N. Dang, L. G. Cohen, J. P. Brasil-Neto, A. Cammarota, and M. Hallett. 1995. Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology,* 74(3): 1037-45, especially 1041.

12. B. Monsaingeon. 1983. *Écrits/Glenn Gould, vol. 1, Le dernier puritain.* Paris: Fayard; J. DesCôteaux and H. Leclère. 1995. Learning surgical technical skills. *Canadian Journal of Surgery,* 38(1): 33-38.

13. M. Pesenti, L. Zago, F. Crivello, E. Mellet, D. Samson, B. Duroux, X. Seron, B. Mazoyer, and N. Tzourio-Mazoyer. 2001. Mental calculation in a prodigy is sustained by right prefrontal and medial temporal areas. *Nature Neuroscience,* 4(1): 103-7.

14. E. R. Kandel, J. H. Schwartz, and T. M. Jessell, eds. 2000. *Principles of Neural Science,* 4th ed. New York: McGraw-Hill, 394; M. J. Farah, F. Peronnet, L. L. Weisberg, and M. Monheit. 1990. Brain activity underlying visual imagery: Event-related potentials during mental image generation. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 1:302-16; S. M. Kosslyn, N. M. Alpert, W. L. Thompson, V. Maljkovic, S. B. Weise, C. F. Chabris, S. E. Hamilton, S. L. Rauch, and F. S. Buonanno. 1993. Visual mental imagery activates topographically organized visual cortex: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 5:263-87. Yet the following paper is an exception and does not find evidence for the activation of the primary visual cortex in visual imagery: P. E. Roland and B. Gulyas. 1994. Visual imagery and visual representation. *Trends in Neurosciences,* 17(7): 281-87.

15. K. M. Stephan, G. R. Fink, R. E. Passingham, D. Silbersweig, A. O. Ceballos-Baumann, C. D. Frith, and R. S. J. Frackowiak. 1995. Functional anatomy of mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *Journal of Neurophysiology,* 73(1): 373-86.

16. G. Yue and K. J. Cole. 1992. Strength increases from the motor program: Comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of Neurophysiology,* 67(5): 1114-23.

17. J. K. Chapin. 2004. Using multi-neuron population recordings for neural prosthetics. *Nature Neuroscience,* 7(5): 452-55.

18. M. A. L. Nicolelis and J. K. Chapin. 2002. Controlling robots with the mind. *Scientific American,* October, 47-53.

19. J. M. Carmena, M. A. Lebedev, R. E. Crist, J. E. O'Doherty, D. M. Santucci, D. F. Dimitrov, P. G. Patil, C. S. Henriquez, and M. A. L. Nicolelis. 2003. Learning to control a brainmachine interface for reaching and grasping by primates. *PLOS Biology,* 1(2): 193-208.

+20. L. R. Hochberg, M. D. Serruya, G. M. Friehs, J. A. Mukand, M. Saleh, A. H. Caplan, A. Branner, D. Chen, R. D. Penn, and J. P. Donoghue. 2006. Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia. *Nature,* 442(7099): 164-71; A. Pollack. 2006. Paralyzed man uses thoughts to move cursor. *New York Times,* July 13, front page. تتبع هذا الاكتشاف الحاسم عملاً كان دونوغيو قد قام به مع ميجيل د. سيرويا، واشتمل على تعليم قرود الرِّيص أن تحرّك المؤشّرة على شاشة الكمبيوتر من خلال أفكارها باستخدام ستة عصبونات فقط.

M. D. Serruya, N. G. Hatsopoulos, L. Paninski, M. R. Fellows, and J. P. Donoghue, 2002. Brain-machine interface: Instant neural control of a movement signal. *Nature,* 416(6877): 141-42.

.21 A. Kübler, B. Kotchoubey, T. Hinterberger, N. Ghanayim, J. Perelmouter,M. Schauer, C. Fritsch, E. Taub, and N. Birbaumer. 1999. The thought translation device: A neurophysiological approach to communication in total motor paralysis. *Experimental Brain Research,* 124:223-32; N. Birbaumer, N. Ghanayim, T.Hinterberger, I. Iversen, B. Kotchoubey, A. Kübler, J. Perelmouter, E. Taub, and H. Flor. 1999. A spelling device for the paralyzed. *Nature,* 398(6725): 297-98.

.22 J. Decety and F. Michel. 1989. Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. *Brain and Cognition,* 11:87-97; J. Decety. 1996. Do imagined and executed actions share the same neural substrate? *Cognitive Brain Research,* 3:87-93; J. Decety. 1999. The perception of action: Its putative effect on neural plasticity. In J. Grafman and Y. Christen, eds., 109-30.

.23 Reviewed in M. Jeannerod and J. Decety, 1995. Mental motor imagery: A window into the representational stages of action. *Current Opinion in Neurobiology*, 5:727-32.

.24+ بيّن ديسيتي أيضاً أنّ الناس عندما يتخيّلون أنهم يمشون وهم يحملون وزناً ثقيلاً، فإنّ جهازهم العصبي المستقلّ - التنفّس ومعدّل سرعة القلب - يتمّ تنشيطه.

.25 A. Pascual-Leone and R. Hamilton. 2001. The metamodal organization of the brain. In C. Casanova and M. Ptito, eds., *Progress in Brain Research,* Vol. 134. San Diego, CA: Elsevier Science, 427-45.

.26+ إنّ مثل هذا التلاعب بالحواس والدماغ ليس نادراً جداً. لاحظ الأنثروبولوجي، إدموند كاربنتر، الذي عمل مع مارشال ماكلوهان (نوقش في الملحق 1)، أنّ "زيادة السمع إلى الحدّ الأقصى سيقلّل البصر إلى الحدّ الأدنى. ولهذا يتمّ غالباً، في بعض الثقافات، عَصْب عينَي الراقص عمداً، ويتمّ أحياناً تحويل الصوت عمداً إلى شيء نسيجي، بحيث يسدّ المغنّي أذنيه عندما يُغنّي. إذا بدأت في دراسة الثقافات، أظنّ أنك ستجد كل الناس يفعلون ذلك. نحن نذهب إلى معرض فني ونقرأ على اللافتة 'ممنوع اللمس'. أما مرتاد الحفلات الموسيقية، فيغمض عينيه. ومن أجل [قراءة] قُصوى في المكتبة العامة، يُكتَب على اللافتة 'الرجاء التزام الصمت'".

From the film *McLuhan's Wake*. 2002. Written by David Sobelman; directed by Kevin McMahon. National Film Board of Canada, section Voices, audio interview, with Edmund Carpenter.

.27+ هناك أولئك الذين يجادلون بأنّ ديكارت ربما ما كان ليصدّق اقتراحه بأنّ الروح العقلانية ليست شيئاً فيزيائياً وأنه عبّر عنها بهذا الشكل كي لا يسيء إلى الكنيسة الكاثوليكية، التي اعتبرت الروح ظاهرةً **خارقة للطبيعة،** لا يمكن أن تكون فيزيائية لأنها خالدة وبمنأى من الموت والجسم الفيزيائي المادي.

كان ديكارت جزءاً من الحركة التي سعت إلى إحداث ثورة في البشرية باستخدام العلم الحديث لشرح كل الأشياء الحية، وهو مشروع جعله في خلاف مباشر مع الكنيسة السائدة في ذلك الوقت، التي كانت لها تفسيراتها الخاصة للطبيعة، والحياة، والجسم،

والدماغ، والعقل. كان لدى ديكارت أسبابه ليكون حذراً: أرت محكمة التفتيش غاليليو أدوات الـــتعذيب عندما بدا أنّ نظرياته وملاحظاته بشأن العالم الفيزيائي تتحدّى تعاليم الكنيـــسة. عـــندما اكتـــشف ديكارت هذا، اختار أن يُخفي العديد من كتاباته. وفي السنوات اللاحقة من حياته، بقي ديكارت غالباً متقدّماً خطوة واحدة فقط عن الكثير من المضطّهدين الذين زعموا أنه كان مُلحداً. وفي الثلاث عشرة سنة الأخيرة من حياته أقام في أربعة وعشرين عنواناً مختلفاً.

لمّح ديكارت عَرَضياً بأنه لم يكتب بالضبط ما آمن به وأنه أخذ الحقائق السياسية في عين الاعتبار. كتب: "لقد ألّفت فلسفتي بطريقة لا أصدم بها أحداً، وبحيث يمكن أن تُقبل في كل مكان".

R. Descartes. 1596-1659. *Oeuvres.* C. Adam and P. Tannery, eds. 1910. Paris: L. Cerf, 5:159. His chosen epigraph for his tombstone was from Ovid: "Bene qui latuit, bene vixit", or "He who hid well, lived well". Also see A. R. Damasio. 1994. *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain.* New York: G. P. Putnam's Sons.

28. C. Clemente. 1976. Changes in afferent connections following brain injury. In G. M. Austin, ed., *Contemporary aspects of cerebrovascular disease.* Dallas, TX: Professional Information Library, 60-93.

29.+ اقترح جيفري شوارتز، الذي اخترع علاج قفل الدماغ، نظريةً تستخدم ميكانيكا الكمّ لمحاولة شرح كيف يمكن للنشاطات العقلية أن تغيّر التركيب العصبـــي. ولكني أفتقر إلى الكفاءة لتقييمها.

In J. M. Schwartz and S. Begley. 2002. *The mind and the brain: Neuroplasticity and the power of mental force.* New York: ReganBooks/HarperCollins.

الفصل 9
تحويل أشباحنا إلى أسلاف

1. E. R. Kandel. 2003. The molecular biology of memory storage: A dialog between genes and synapses. In H. Jörnvall, ed., *Nobel Lectures, Physiology or Medicine, 1996-2000.* Singapore:World Scienti.c Publishing Co., 402. Also http:/nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2000/kandel-lecture.html.

2. E. R. Kandel. 2006. *In search of memory: The emergence of a new science of mind.* New York: W.W. Norton & Co., 166.

3. E. R. Kandel. 1983. From metapsychology to molecular biology: Explorations into the nature of anxiety. *American Journal of Psychiatry,* 140(10): 1277-93, especially 1285.

4. Ibid.; E. R. Kandel, 2003, 405.

5.+ إنّ تعلّم تمييز منبِّه على أنه غير مؤذ يُعرَف باسم "التعوّد"، وهو نوعٌ من التعلّم نقوم به جميعنا عندما نتعلّم أن نستثني الضجة الخلفية.

6.+ مـــا أوضـــحه كاندل كان النظير العصبـــي للإشراط البافلوفي الكلاسيكي. كان هذا التوضيح حاسماً بالنسبة إليه. جادل أرسطو، والفلاسفة البريطانيون التجريبيون، وفرويد أنّ التعلّم والذاكرة هما نتيجة لربط العقل للأحداث، والأفكار، والمنبّهات التي نختبرها. اكتـــشف بافلوف، الذي أسّس السلوكية، الإشراط الكلاسيكي، وهو نوعٌ من التعلّم يُعلّـــم فـــيه الشخص أو الحيوان أن يربط بين منبِّهين. ومثال نموذجي على ذلك هو أن نعرّض حيواناً لمنبّه لطيف، مثل صوت جرس، يُتبَع على الفور بمنبّه بغيض، مثل صدمة، ونكرِّر هذا عدداً من المرات، بحيث إنّ الحيوان يبدأ بعد فترة وجيزة بالاستجابة للجرس وحده بخوف.

7.+ E. R. Kandel, J. H. Schwartz, and T. M. Jessel. 2000. *Principles of neural science,* 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1250. في مـــا يتعلّق بتأثيرات التدريب، وجدا أيضاً أنه إذا عُرِّضت حلزونة إلى منبِّه خفيف لأربعين مرة متتالية، فإنّ التعوّد الناتج لفعـــل الخيـــشوم الانعكاسي سيستمرّ يوماً. ولكن إذا نُبِّهت عشر مرات كل يوم على مدى أربعة أيام، فإنّ التأثير سيستمر لأربعة أسابيع. وهكذا فإنّ المباعدة الملائمة للتعلّم هي عاملٌ أساسي في تطوير ذاكرة طويلة الأمد.

E. R. Kandel, 2006, 193.

8. E. R. Kandel, J.H. Schwartz, and T.M. Jessel, 2000, 1254.

9. E. R. Kandel, 2006, 241.

10.+ قـــام بهـــذا العمل كريغ بيلي وماري تشن. إذا طوّرت نفس الخلية ذاكرة طويلة الأمد للتعوّد، فسيقل عدد اتصالاتها العصبية من 1,300 إلى 850، منها 100 فقط فعالة.

11.+ E. R. Kandel. 1998. A new intellectual framework for psychiatry. *American Journal of Psychiatry,* 155(4): 457-69, especially 460. علـــى نفس النحو، جادل عالم الأعصاب جوزيف ليدوكس بأنه يمكن التفكير بالاضطّرابات النفسية كمتلازمات سيّئة الاتصالات تحدث بين مشابك مناطق ووظائف متنوّعة، وأنه "إذا كان من الممكن تفكـــيك الذات بتجارب تعدِّل الاتصالات، فمن المفترض أنها يمكن أن تُجمَّع بتجارب تؤسّس، أو تغيّر، أو تعيد تجديد الاتصالات".

J. LeDoux. 2002. *The synaptic self: How our brains become who we are.* New York: Viking, 307.

12. S. C. Vaughan. 1997. *The talking cure: The science behind psychotherapy.* New York: Grosset/Putnam.

13.+ علـــى الرغم من ألمعيته، إلا أنّ فرويد لم يتقدّم سريعاً في سلسلة الرتب في جامعة فيينا، جـــزئياً بسبب أفكاره. أصبح محاضراً في العام 1885، واستغرق الأمر سبع عشرة سنة ليـــصبح بروفيـــسوراً. كـــان معدّل الفترة الزمنية الفاصلة بين هذين التعيينين هو ثماني سنوات. وفي غضون ذلك، كان عليه أن يعيل أسرته.

P. Gay. 1988. *Freud: A life for our time.* New York: W. W. Norton & Co., 138-39.

.14 S. Freud. 1891. *On aphasia: A critical study*. New York: International Universities Press.

.15 S. Freud. 1895/1954. Project for a scientific psychology. Translated by J. Strachey. In *Standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud,* vol. 1. London: Hogarth Press.

16.+نال إعجاب كارل بريبرام والفائز بجائزة نوبل جيرالد إدلمان، وآخرين.

17.+ليست مصادفةً أنّ فرويد طوّر مفاهيم خاصة باللدونة بعد رفض التمركزية المبسّطة التي كانـــت سائدة في أيامه. وحيث جادل بأنّ الدماغ يؤلّف أنظمةً وظيفية جديدة تصل العصبونات المنتشرة في كامل أنحاء الدماغ، بطرق جديدة، بينما يتعلّم مهام جديدة، فقد احتاج إلى أن يفكّر كيف يمكن لهذا أن يحدث على المستوى العصبوني، وكيف يمكن أن يؤثّر في الذاكرة والوظائف العقلية الأخرى. جوهرياً، طوّر فرويد رؤيةً أكثر ديناميكية للدماغ، وهي الرؤية التي استحثّت عمل لوريا ونشوء علم السيكولوجيا العصبية.

S. Freud, 1891; O. Sacks. 1998. The other road: Freud as neurologist. In M. S. Roth, ed., *Freud: Conflict and culture*. New York: Alfred A. Knopf, 221-34.

لم يُنـــشَر "المشروع" حتى العام 1954، أي قبل ستّ سنوات من بدء كاندل في محاولته لإظهار أنّ التعلّم يقود إلى تغيّرات في المشابك.

(For background on the "Project," see P. Amacher. 1965. *Freud's neurological education and its influence on psychoanalytic theory.* New York: International Universities Press, 57-59; S. Freud, 1895/1954, 319, 338; K. H. Pribram and M. M. Gill. 1976. *Freud's "Project" re-assessed: Preface to contemporary cognitive theory and neuropsychology.* New York: Basic Books, 62-66, 80).

عرف كاندل أيضاً باقتراح سانتياغو رامون واي كاجال (1894) بأنّ النشاط العقلي قد يقوّي الاتصالات بين العصبونات أو يقود إلى تشكيل اتصالات جديدة. كتب كاجال: "يُـــسهّل التمرين العقلي تطوّراً أكبر للجهاز البروتوبلازمي وللروادف العصبية لأجزاء الـــدماغ العاملة. وبهذه الطريقة، يمكن تعزيز الاتصالات الموجودة مسبقاً بين مجموعات الخلايـــا من خلال مضاعفة الفروع الطرفية... ولكنّ الاتصالات الموجودة مسبقاً يمكن أيضاً أن تُعزَّز من خلال تشكيل روادف جديدة و... امتدادات".

S. Ramón y Cajal. 1894. The Croonian lecture: La fine structure des centres nerveux. *Proceedings of the Royal Society of London,* 55:444-68, especially 466.

18.+إنّ علاقـــة الشبكات الادّكارية بالشبكات العصبونية في الربط الذهني هي ضمنية وموضّحة بتفـــصيلٍ أكثر في M. F. Reiser. 1984. Mind, brain, body: Toward a convergence of psychoanalysis and neurobiology. New York: Basic Books, 67.

19.+علـــى سبيل المثال، بعد مناقشته "حواجز الاتصال"، أو المشابك، في "المشروع"، يتابع فـــرويد لمناقـــشة الذاكرة ويكتب: "إحدى الخصائص الرئيسية للنسيج العصبـــي هي الذاكرة: قدرةٌ لأن تُعدَّل بشكلٍ دائم بواسطة أحداث مفردة".

S. Freud, 1895/1954, 299; K. H. Pribram and M. M. Gill, 1976, 64-68.

20.+كــتب فرويد: "إنّ الغرائز الجنسية ملحوظةٌ بالنسبة إلينا بسبب لدونتها، وقدرتها على تغيير أهدافها، وقابليتها للاستبدال، ما يسمح باستبدال إشباعٍ غريزي بآخر، واستعدادها لأن تُرجأ".

S. Freud. 1932/1933/1964. New introductory lectures on psycho-analysis. Translated by J. Strachey. In *Standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud,* vol. 22. London: Hogarth Press, 97.

.21 A. N. Schore. 1994. Affect regulation and the origin of the self: The neurobiology of emotional development. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; A. N. Schore. 2003. Affect dysregulation and disorders of the self. New York: W. W. Norton & Co.; A. N. Schore. 2003. Affect regulation and the repair of the self. New York: W. W. Norton & Co.

.22 J. M. Masson, trans. and ed. 1985. The complete letters of Sigmund Freud to Wilhelm Fliess. Cambridge, MA: Harvard University Press, 207.

.23 S. Freud. 1909. Notes upon a case of obsessional neurosis. In Standard edition of the complete psychological works, vol. 10, 206.

.24 F. Levin. 2003. Psyche and brain: The biology of talking cures. Madison, CT: International Universities Press.

.25 A. N. Schore, 1994.

.26 A. N. Schore. 2005. A neuropsychoanalytic viewpoint: Commentary on a paper by Steven H. Knoblauch. Psychoanalytic Dialogues, 15(6): 829-54.

.27 J. S. Sieratzki and B. Woll. 1996. Why do mothers cradle babies on their left? Lancet, 347(9017): 1746-48.

.28 A. N. Schore. 2005. Back to basics: Attachment, affect regulation, and the developing right brain: Linking developmental neuroscience to pediatrics. Pediatrics in Review, 26(6): 204-17.

.29 A. N. Schore. 2005. A neuropsychoanalytic viewpoint.

.30 A. N. Schore, 1994.

31.+الاسم الكامل هو "المنطقة المدارية اليُمنى للقشرة قبل الجبهية".

.32 A. N. Schore, 2005. Personal communication.

.33 R. Spitz. 1965. *The first year of life: A psychoanalytic study of normal and deviant development of object relations.* New York: International Universities Press.

.34 E. R. Kandel. 1999. Biology and the future of psychoanalysis: A new intellectual framework for psychiatry revisited. *American Journal of Psychiatry,* 156(4): 505-24.

35.+يــشترك الحُصين أيضاً في التنظيم المكاني، ولهذا فهو يساعد في التزويد بسياق لذكرياتنا الصريحة، ما يساعدنا في تذكّرها. ولكنّ هذا مجرّد تخمين. يشتمل إصدارٌ حديث من مجلة **الحصين** *Hippocampus* على عدة مقالات تستكشف هذا السؤال.

See J. R. Manns and H. Eichenbaum. 2006. Evolution of declarative memory. *Hippocampus,* 16:795-808.

36.+ إنّ فكـــرة أنّ صورةً من الماضي الصدمي يمكن أن تجمد في العقل وتبقى ثابتة منذ زمن الـــصدمة لا تختلف عمّا يحدث للمرضى الذين توضَع أطرافهم المصابة في قوالب ومن ثمّ يطوِّرون أطرافاً شبحية مجمّدة بعد البتر، كما رأينا في الفصل 7، "الألم". نظراً لأنّ الوالد (أبـــاً أو أمـــاً) لم يعد موجوداً، فإنّ الطفل لا يستطيع أن يستخدم الوالد كمعلومات ليساعد في تعديل صورته العقلية عنه. إنّ صورة الوالد المفتقَد في الطفولة المبكرة يمكن أن تـــلازم طفـــلاً بالطريقة نفسها التي يلازم بها الطرف الشبحي المريض ويمكن أن تُختبَر كحضور محسوس يُحدث تطفّلات محزنة غير متوقّعة.

37.+ في دراسةٍ حديثة أعدّها كريم نادر من جامعة ماكغيل، تبيّن أنّ الذكريات تدخل حالة متغيّرة لـــدى تنشيطها، ويصبح بالإمكان تعديلها. والواقع أنه قبل أن تعود الذكريات المستثارة إلى التخـــزين، لا بدّ من تعزيزها مُجدّداً ولا بدّ من صنع بروتينات جديدة. ولهذا يمكن لتذكّر الصدمات أو النقل المتكرّر في العلاج النفسي أن يقود إلى تغيير نفسي: يجب أن يُعاد تنشيط الذكريات من أجل تعديل اتصالاتها العصبونية، كي يمكن إعادة نسخها وتغييرها.
K. Nader, G. E. Schafe, and J. E. LeDoux. 2000. Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature,* 406(6797): 722-26; J. Debiec, J. E. LeDoux, and K. Nader. 2002. Cellular and systems reconsolidation in the hippocampus. *Neuron,* 36(3): 527-38.

38. A. Etkin, C. Pittenger, H. J. Polan, and E. R. Kandel. 2005. Toward a neurobiology of psychotherapy: Basic science and clinical applications. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences,* 17:145-58.

39. S. L. Rauch, B. A. van der Kolk, R. E. Fisler, N. M. Alpert, S. P. Orr, C. R. Savage, A. J. Fischman, M. A. Jenike, and R. K. Pitman. 1996. A symptom provocation study of PTSD using PET and script-driven imagery. *Archives of General Psychiatry,* 53(5): 380-87.

40. M. Solms and O. Turnbull. 2002. *The brain and the inner world.* New York: Other Press, 287.

41.+ طـــوّرت الدكـــتورة ميرنـــا ويسمان العلاج النفسي الشخصي بدراسة العوامل الخطرة للاكتـــئاب، وقـــد تأثّـــرت أيضاً بعمل المحلّلين النفسيّين، جون باولبـــي وهاري ستاك سوليفان، اللّذين ركّزا على كيفية تأثير العلاقات والخسارة على النفس (تواصل شخصي).
This study of Interpersonal Psychotherapy and change is in A. L. Brody, S. Saxena, P. Stoessel, L. A. Gillies, L. A. Fairbanks, S. Alborzian, M. E. Phelps, S. C. Huang, H. M. Wu, M. L. Ho, M. K. Ho, S. C. Au, K. Maidment, and L. R. Baxter, 2001. Regional brain metabolic changes in patients with major depression treated with either paroxetine or interpersonal therapy: Preliminary. ndings. *Archives of General Psychiatry,* 58(7): 631-40.
أظهرت دراسة أخرى حول المرضى المكتئبين أنّ علاج السلوك المعرفي – نوع من العلاج يـــصحّح الأشكال المُبالَغ فيها من التفكير السلبـــي لدى مرضى الاكتئاب – نجح أيضاً من خلال تسوية الفصّين قبل الجبهيين.

K. Goldapple, Z. Segal, C. Garson, M. Lau, P. Bieling, S. Kennedy, and H. Mayberg. 2004. Modulation of cortical-limbic pathways in major depression. *Archives of General Psychiatry,* 61(1): 34-41.

.42 M. E. Beutel. 2006. Functional neuroimaging and psychoanalytic psychotherapy-Can it contribute to our understanding of processes of change? Presentation, Arnold Pfeffer Center for Neuro-Psychoanalysis at the New York Psychoanalytic Institute, Neuro-Psychoanalysis Lecture Series. October 7.

.43+ قد يتساءل البعض ما إذا كانت ذكرى السيد "ل" لأمه قبل دفنها هي ذكرى "حقيقية" أو مجــرّد أمنـــية. إذا كانت ذكراه مجرّد خيال رَغْبـــي، فقد كانت ذكرى عجز عن تذكّرها عندما بدأ التحليل. ولكن حتى لو كانت خيالاً، فبالكاد كانت تفكيراً رغبيّاً - كانت تجربة مؤلمة للغاية بالنسبة إليه و لم تكن، بكل تأكيد، إنكاراً سحرياً للحقيقة، لأنه تحقّـــق مـــن أنه كان موجوداً قبل الدفن. وكما سنرى في هذا الفصل (وفي الملاحظات التالية)، فإنّ الأبحاث تُظهر الآن أنّ بعض الأطفال بعمر السنتين وشهرين يكونون قادرين على تذكّر بعض الذكريات الصريحة.

يمكن أن يكون لصدمات الحياة الهامة تأثيرٌ مزدوج على الحُصين أثناء تشكيله للذكريات. تؤدّي الهرمونات القشرانية السكّرية المُطلَقة إلى ذكريات متفرّقة. ولكن يمكن للأدرينالين والنورادرينالين المُطلَقين في فترات الإجهاد أن يجعلا الحصين يشكّل "ذكريات ومضية"، عبارة عن ذكريات صريحة معزّزة نابضة بالحياة. ولهذا فإنّ الناس الذين اختبروا صدمات يملكـــون ذكريات مفرطة الحيوية لبعض أوجه الصدمة وذكريات متفرّقة لأوجه أخرى منها. يُحتمل جداً أنّ منظر أمه الميتة قد أنتج ذكرى ومضية لدى السيد "ل".

وفي النهاية، فإنّ عبارة السيد "ل" الحصيفة تعبّر عن ذلك أفضل تعبير: راودت صورة التابوت المفتوح عقله "مُعلّمة" كذكرى ولكنه مهّد لتقريره عنها بكلمة احتراسية، "أعتقد".

See Y. Yovell. 2000. From hysteria to posttraumatic stress disorder. *Journal of Neuro-Psychoanalysis,* 2:171-81; L. Cahill, B. Prins, M. Weber, and J. L. McGaugh. 1994. β-Adrenergic activation and memory for emotional events. *Nature,* 371(6499): 702-4.

.44 P. J. Bauer. 2005. Developments in declarative memory: Decreasing susceptibility to storage failure over the second year of life. *Psychological Science,* 16(1): 41-47; P. J. Bauer and S. S. Wewerka. 1995. One- to two-year-olds' recall of events: The more expressed, the more impressed. *Journal of Experimental Child Psychology,* 59:475-96; T. J. Gaensbauer. 2002. Representations of trauma in infancy: Clinical and theoretical implications for the understanding of early memory. *Infant Mental Health Journal,* 23(3): 259-77; L. C. Terr. 2003. "Wild child": How three principles of healing organized 12 years of psychotherapy. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry,* 42(12): 1401-9; T. J. Gaensbauer. 2005. "Wild child" and declarative memory. *Journal of the Academy of Child and Adolescent Psychiatry,* 44(7): 627-28.

45.+ لم نقدّر تطوير جهاز الذاكرة الصريحة للحقائق والأحداث في الأطفال الرضّع حقّ قدره لأننا نختبر عادةً جهاز الذاكرة الصريحة بطرح أسئلة على الناس يُجاب عليها بكلمات. من الواضح أنّ الرضّع قبل مرحلة الكلام لا يستطيعون أن يخبرونا ما إذا كانوا يتذكّرون شعورياً حدثاً معيّناً. ولكن وجد الباحثون مؤخّراً طرقاً لاختبار الرضّع بجعلهم يركلون برجلهم عندما يميّزون تكراراً للأحداث، ويستطيعون تذكّرها.
C. Rovee-Collier. 1997. Dissociations in infant memory: Rethinking the development of implicit and explicit memory. *Psychological Review,* 104(3): 467-98; C. Rovee-Collier. 1999. The development of infant memory. *Current Directions in Psychological Science,* 8(3): 80-85.

46. C. Rovee-Collier, 1999.

47. T. J. Gaensbauer, 2002, 265.

48.+ بالفعل، فإنّ الحلم الجوهري للسيد "ل": "أنا أبحث عن شيء ضائع، لا أعرف ما هو، ربما جزء مني... وسأعرفه عندما أجده"، بيّن تماماً أنّ لديه مشكلة في ذاكرته وتذكّره. لقد عرف أنه لا يستطيع، وحده، أن يتذكّر ما كان ضائعاً ولكنه سيميّزه إذا وُضع أمامه. وبهذا المعنى، فإنّ توقع حلمه كان دقيقاً، لأنه عندما وجد أخيراً ما كان يبحث عنه، ميّزه بالفعل، بطريقة صدمته في الصميم.

49.+ اقترح الحائز على جائزة نوبل، فرانسيس كريك، وغرامي ميتشيسون حدوث نوع من "التعلّم المعكوس" في الحلم، لأنّ إحدى مهام الدماغ الحالم أن ينسى الصوَر الزائفة المتنوّعة التي تعلّمناها أثناء تطوير الذكريات الإدراكية.
F. Crick and G. Mitchison. 1983. The function of dream sleep. *Nature,* 304(5922): 111-14. See also G. Christos. 2003. *Memory and dreams: The creative mind.* New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
في نموذجهما "نحن نحلم من أجل أن ننسى"، يبدو مفهوماً أنه إذا كان الدماغ الحالم يحاول أن يصنّف الأحداث والصور، فسيجد البعض منها مهماً ويستحقّ التذكّر، والكثير منها يستحقّ النسيان. تعلّل هذه النظرية، على نحو أفضل، لماذا ننسى أحلامنا. ولكنها ضعيفة في شرح لماذا يمكن أن نتعلّم الكثير من الأحلام، وفي تفسير الأحلام المتكرّرة التالية للصدمة التي كانت لدى السيد "ل" ولم يستطع التخلّص منها.

50.+ غالباً ما تكون الأحلام مشوّشة وصعبة الفهم لأنّ بعض الوظائف العقلية "الأعلى" لا تعمل بالطريقة التي تعمل بها عندما نكون يقظين. استخدم ألين براون، وهو باحث في المعاهد الوطنية للصحة في بيثسدا في ماريلاند، مسح *PET* (التصوير المقطعي لانبعاث (لابتعاث) البوزترون) لقياس نشاط الدماغ في الخاضعين للتجربة أثناء حلمهم. وقد أوضح أنّ المنطقة المعروفة بالجهاز الحوفي - التي تعالج العاطفة، والغرائز الجنسية والعدوانية وغريزة البقاء، والارتباطات الشخصية - تُظهر نشاطاً عالياً. كما أنّ المنطقة البطنية الغطائية المرتبطة بالبحث عن اللّذة (التي ناقشناها في ما يتعلّق بأجهزة اللّذة في الفصل 4، "اكتساب الأذواق والحب") تُنشَّط أيضاً. ولكنّ القشرة قبل الجبهية، وهي

المنطقة المسؤولة عن تحقيق الأهداف والانضباط والسيطرة على اندفاعاتنا وإرجاء الإبهاج، تُظهر نشاطاً أقل.

ومع تشغيل مناطق المعالجة الغريزية العاطفية للدماغ، والتثبيط النسبي لجزء الدماغ الذي يسيطر على اندفاعاتنا، فلا عجب أنّ الأمنيات والاندفاعات التي نكبحها عادةً أو التي نحن غير مدركين لها هي أكثر احتمالاً لأن يُعبَّر عنها في الأحلام كما أشار إلى ذلك فرويد وقبله أفلاطون.

ولكن لماذا نرى أحلاماً هلسية، نختبر فيها أشياء لا تحدث كحقيقة؟ عندما نكون يقظين، نحن نستوعب العالم من خلال حواسنا. بالنسبة إلى البصر، تدخل المُدخلات من خلال أعيننا. ثم تستقبل المنطقة البصرية الأولية في الدماغ مُدخلات مباشرة من الشبكية. ثمّ تعالج المنطقة البصرية الثانوية الألوان والحركة وتميّز الأشياء. وأخيراً، تقوم منطقة ثالثة أسفل خطّ المعالجة الإدراكية الحسّية (في الوصلة القذالية الصدغية الجدارية) بجمع هذه المُدرَكات الحسّية البصرية معاً وتربطها بوحدات حسّية أخرى. وبالتالي، فإنّ الأحداث التي أدركناها حسّياً بشكلٍ ملموس ترتبط بعضها مع بعض، وحالما يحدث ذلك، فبإمكان المزيد من التفكير المجرد والمعنى أن يبرز.

جادل فرويد أنّ العقل "ينكفئ" في الهلوسات وفي الحلم. وهو يعني بذلك أنّ العقل يعالج الصور بترتيب معكوس أو ارتجاعي. نحن لا نبدأ بمُدركات حسّية للعالم الخارجي ومن ثمّ نشكّل أفكاراً مجرّدة عنها، ولكننا نبدأ بأفكار مجرّدة تصبح مُمثّلةً بطريقة ملموسة بصرية غالباً، كما لو كانت مُدرَكات حسّية تحدث في العالم.

أظهر ألين براون من خلال مسح الدماغ للحالمين أنّ أجزاء الدماغ الأولى في استقبال المُدخلات البصرية – المناطق البصرية الأولية – تُغلَق. ولكنّ المناطق البصرية الثانوية التي تعالج الألوان والحركة وتميّز الأشياء تكون نشيطة. وهكذا فإنّ ما نختبره في الأحلام هو صوَر لا تأتي من العالم الخارجي بل من داخلنا ويتمّ اختبارها كهلوسات. وهذا متساوقٌ مع الجزم بأنّ الإدراك الحسّي يُعالج باتّجاه ارتجاعي أثناء الحلم.

يبدأ التفسير الصحيح للحلم من مُدركات الحلم الهلسية التي تبدو عجيبة وغير مرتبطة بعضها ببعض ويعيدها إلى أفكار الحلم الأكثر تجريدية التي أنتجتها.

سلّطت الدراسات التي أجراها المحلّل النفسي العصبي مارك سولمز على مرضى كانوا قد أصيبوا بسكتات دماغية بعض الضوء على الأحلام. بالعمل مع هؤلاء المرضى، أظهر سولمز أنّ الأحلام لا تتألّف فقط من صور بصرية مشوّشة بل من تفكير. عمل سولمز مع مرضى يعانون من تلف في منطقة في الدماغ ضرورية لإنتاج الصور البصرية. في حال اليقظة، يعاني هؤلاء المرضى من متلازمة عصبية معروفة باسم "اللاتذكّر *irreminiscence*" ولا يمكنهم أن يشكّلوا صوراً بصرية كاملة في أذهانهم. لم تستطع امرأة كانت قد أصيبت بسكتة دماغية في هذه المنطقة أن تميّز وجوه أفراد عائلتها ولكنها كانت تستطيع

تمييز أصواتهم. وقد وجد سولمز أنها كانت تسمع في أحلامها أصواتاً ولكنها لم تكن ترى صوراً. بتعبير آخر، كانت ترى أحلاماً غير بصرية.

وذكر مريضٌ آخر يعاني من اختلال مماثل أصابه بعد إزالة ورم دماغي أنه رأى في منامه أمه وسيدة أخرى تكبحانه. وعندما سأله سولمز كيف عرف ذلك، وهو لا يستطيع أن يـــرى صوراً بصرية، أجاب: "لقد عرفت ذلك فقط"، وذكر أنه شعر بوضوح أنه كان يُكبَح. وقال أنّ أحلامه أصبحت "أحلام تفكير" منذ أن أُجريت له العملية. بتعبيرٍ آخر، يحدث نوعٌ من التفكير خلف صورة الأحلام البصرية.

والآن، ماذا عن المرضى الذين يعانون من تلف في تلك المناطق الثالثة للدماغ التي تشكّل الأفكار المجرّدة؟ وفقاً لفرويد، فإنّ ذلك الجزءَ من الدماغ ينتج الأحلام فعلياً. وجد سولمز أنه عندما تتلف هذه المناطق التي تنتج التفكير المجرّد، فإن الأحلام تتوقّف. من الواضح أنّ هذه المنطقة تلعب دوراً حاسماً في إنتاج الأحلام.

يخمّـــن سولمز أنّ الأحلام هي صعبة الفهم نموذجياً لأنّ الأفكار المجرّدة في الأحلام تُمثّل بصرياً. كيف يمكن أن يحدث هذا؟ سريرياً، يجد المرء غالباً أنّ فكرةً مجرّدة مثل "أنا مميّز ولـــستُ مضطّراً إلى اتّباع القوانين التي يتّبعها الآخرون" قد تُمثّل بصرياً بـــ "أنا أطير". أمـــا الفكرة المجرّدة، "في أعماقي، أنا أخشى أنّ طموحي هو خارجٌ عن السيطرة"، فقد تُمثّل في الحلم بصرياً بجسد موسوليني بعد إعدامه.

K. Kaplan-Solms and M. Solms. 2002. *Clinical studies in neuro-psychoanalysis.* New York: Karnac; M. Solms and O. Turnbull, 2002, 209-10.

.51 R. Stickgold, J. A. Hobson, R. Fosse, and M. Fosse. 2001. Sleep, learning, and dreams: Off-line memory reprocessing. *Science*, 294(5544): 1052-57.

.52 Ibid.

.53 M. G. Frank, N. P. Issa, and M. P. Stryker. 2001. Sleep enhances plasticity in the developing visual cortex. *Neuron,* 30(1): 275-87.

.54 G. A. Marks, J. P. Shaffrey, A. Oksenberg, S. G. Speciale, and H. P. Roffwarg. 1995. A functional role for REM sleep in brain maturation. *Behavioral Brain Research,* 69:1-11.

.55 U. Wagner, S. Gais, and J. Born. 2001. Emotional memory formation is enhanced across sleep intervals with high amounts of rapid eye movement. *Learning and Memory,* 8:112-19.

.56+ يعمل الحُصين أثناء أحلامنا بالتفاعل مع القشرة لتشكيل ذكريات طويلة الأمد.

عندما نمرّ بتجربة إدراكية حسّية أثناء يقظتنا، فنحن نسجّلها في قشرتنا. إنّ هيئة صديقك تشغّل خلايا في قشرتك البصرية، بينما يستحثّ صوته عصبونات في قشرتك السمعية، وعندما تتعانقان، فإنّ المناطق الحسّية والحركية تتّقد. كما أنّ جهازك الحوفي، الذي يعالج العاطفة، يُستحثّ أيضاً. ترسل جميع هذه المناطق المختلفة سيلاً من الإشارات فوراً، وتميّز أنـــت أنّ هذا صديقك. تُرسَل هذه الإشارات في الوقت نفسه إلى الحُصين، حيث يتمّ

تخـــزينها لفترة وجيزة، و"تُربَط" معاً. (ولهذا أنت ترى وجه صديقك آلياً عندما تتذكّر محادثـــةً معه). إذا كانت رؤية الصديق هي حادثة مهمة، فإنّ الحُصين يحوّلها من ذكرى قصيرة الأمد إلى أخرى صريحة طويلة الأمد. ولكنّ تلك الذكرى لا تُختزَّن في الحُصين، بل تُرسَل ثانيةً إلى أجزاء القشرة التي وردت منها وتُخزَّن في الشبكات القشرية الأصلية التي أنتجت أساساً كل ما يتعلّق بها من صورة وصوت وما إليه. وهكذا تُوزَّع الذكرى على نطاق واسع في كامل أنحاء دماغك.

يـــستطيعُ العلمـــاء أن يقيسوا موجات الدماغ المُطلَقة بواسطة الحُصين والقشرة، عندما يكونان فعّالان. بدراسة التوقيت الذي تتّقد (تطلق إشارات كهربائية) فيه هذه المناطق المخـــتلفة خلال النوم، توصّل العلماء إلى اقتراحٍ مثير للاهتمام. خلال نوم تحرُّك العين السريع (*REM*) تُحمِّل قشرتنا إشاراتها الكهربائية إلى الحُصين. وخلال غير ذلك من النوم (*non-REM sleep*)، فإنّ الحُصين، بعد أن يكون قد انتهى من عمله على هذه الذكريات القـــصيرة الأمـــد، يعيد إرسالها إلى القشرة، حيث تبقى هناك كذكريات طويلة الأمد. يُحتمَل أننا نختبر أحياناً، بشكلٍ شعوري، خلال أحلامنا تحميل أجزاء صغيرة عديدة من التجربة من أجزاء مختلفة متّقدةٍ من قشرتنا.

R. Stickgold, J. A. Hobson, R. Fosse, and M. Fosse, 2001.

تمّ توقُّع هذه النتائج الحديثة في دراسة لافتة أجراها الدكتور ستانلي بالومبو في سبعينيات القرن الماضي، حيث عالج مريضاً بالتّحليل النفسي مباشرةً بعد وفاة والد المريض. كجزءٍ مـــن دراسة الدكتور بالومبو، أمضى المريض ليالي بين جلسات التحليل النفسي في مختبرٍ نـــوم وتمّ إيقاظه في نهاية كل دورة نوم تحرّك العين السريع *REM*، وتمّ تسجيل أحلامه. اكتشف بالومبو أنه خلال كل ليلة، اشتملت أحلام المريض على تجارب جديدة كان قد مـــرّ بها خلال اليوم، وقد لاءمها تدريجياً مع تجاربه السابقة، مُحدِّداً مع أيٍّ من ذكرياته يجب أن تُربَط، وبالتالي، أن تُخزَّن.

S. R. Palombo. 1978. Dreaming and memory: A new informationprocessing model. New York: Basic Books.

57.+ وجد العالم النفسي سيمور ليفاين أنّ جراء الجرذان المفصولة عن أمهاتها تحتجّ فوراً، مُطلقةً صـــيحات عالية الشدة، وتبحث عن أمهاتها إلى أن تُظهر علامات اليأس. ينخفض معدّل ســـرعة قلـــبها ودرجة حرارة أجسامها وتصبح أقلّ تيقُّظاً، مثل الأطفال الذين لاحظهم سبيتز، والذين دخلوا حالات "إيقاف" وبدوا غير مستجيبين للناس حولهم، مع نظرة ذاهلة في أعيـــنهم. ثمّ اكتـــشف ليفاين أنّ أدمغة الجراء قد استحثّت "استجابة إجهاد"، مُطلقةً كمـــيات كـــبيرة مـــن الهرمون القشراني السكّري، أو ما يُعرَف بــ "هرمون الإجهادَ". هرمونات الإجهاد هذه هي مفيدة للجسم لفترات قصيرة، لأنها تُهيِّئه للتعامل مع الحالات الطارئة بزيادة معدّل سرعة القلب وإرسال الدمّ إلى العضلات. ولكن إذا تمّ إطلاقها بشكلٍ متكرّر، فهي تقود إلى أمراض مرتبطة بالإجهاد وتُنهك الجسم قبل الأوان.

أظهـــر بحثٌ حديث أجراه مايكل ميناي، وباول بولتسكي، وآخرون أنه عندما فُصلَت الجـــراء عن أمهاتها لفترات تمتّد من ثلاث إلى ستّ ساعات يومياً على مدى أسبوعين، تجاهلـــت الأمهات جراءها بعد فترة وجيزة، وأظهرت الجراء إطلاقاً متزايداً لهرمونات الإجهـــاد القشرانية السكّرية **استمرّ في مرحلة البلوغ**. يمكن أن يكون للصدمة المبكرة تـــأثيرات تستمرّ مدى الحياة، وعادةً ما يكون ضحاياها أكثر عرضة للإصابة بالإجهاد النفسي خلال حياتهم.

أمّا الجراء التي فُصلَت عن أمهاتها لفترة وجيزة فقط خلال الأسبوعين الأولين من الحياة، فقـــد أطلقـــت الصيحات المعتادة التي استقدمت أمهاتها، حيث لعقتها أكثر من المعتاد، ونظّفـــتها أكثر، وحملتها أكثر من الجراء التي لم تُفصَل عنها. كان تأثير هذه الاستجابة الأمومية هو **تقليل** ميل الجراء لإفراز الهرمونات القشرانية السكّرية **لبقية حياتها** ولتطوير مرض مرتبط بالإجهاد. تلك هي قوة الأمومة الجيدة في المرحلة الحرجة للارتباط. يمكن ربـــط هذه الفائدة المستمرّة طوال الحياة باللدونة لأنّ الجراء حصلت على هذا الاهتمام الأمومي الحميم خلال الفترة الحرجة لتطوّر أجهزة استجابة الإجهاد لأدمغتها.

S. Levine. 1957. Infantile experience and resistance to physiological stress. *Science,* 126(3270): 405; S. Levine. 1962. Plasma-free corticosteroid response to electric shock in rats stimulated in infancy. *Science,* 135(3506): 795-96; S. Levine, G. C. Haltmeyer, G. G. Karas, and V. H. Denenberg. 1967. Physiological and behavioral effects of infantile stimulation. *Physiology and Behavior,* 2:55-59; D. Liu, J. Diorio, B. Tannenbaum, C. Caldji, D. Francis, A. Freedman, S. Sharma, D. Pearson, P. M. Plotsky, and M. J. Meaney. 1997.Maternal care, hippocampal glucocorticoid receptors, and hypothalamic-pituitary-adrenal responses to stress. *Science,* 277(5332): 1659-62, especially 1661; P. M. Plotsky and M. J. Meaney. 1993. Early, postnatal experience alters hypothalamic corticotropin-releasing factor (CRF) mRNA, median eminence CRF content and stress-induced release in adult rats. *Molecular Brain Research,* 18:195-200.

.58 P. M. Plotsky and M. J. Meaney, 1993; C. B. Nemeroff. 1996. The corticotropin-releasing factor (CRF) hypothesis of depression: New. ndings and new directions. *Molecular Psychiatry,* 1:336-42; M. J. Meaney, D. H. Aitken, S. Bhatnagar, and R. M. Sapolsky. 1991. Postnatal handling attenuates certain neuroendocrine, anatomical and cognitive dysfunctions associated with aging in female rats. *Neurobiology of Aging,* 12:31-38.

.59 C. Heim, D. J. Newport, R. Bonsall, A. H. Miller, and C. B. Nemeroff. 2001. Altered pituitary-adrenal axis responses to provocative challenge tests in adult survivors of childhood abuse. *American Journal of Psychiatry,* 158(4): 575-81.

.60 R. M. Sapolsky. 1996. Why stress is bad for your brain. *Science,* 273(5276): 749-50; B. L. Jacobs, H. van Praag, and F. H. Gage. 2000. Depression and the birth and death of brain cells. *American Scientist,* 88(4): 340-46.

.61 B. L. Jacobs, H. van Praag, and F. H. Gage, 2000.

.62 M. Vythilingam, C. Heim, J. Newport, A. H.Miller, E. Anderson, R. Bronen, M. Brummer, L. Staib, E. Vermetten, D. S. Charney, C. B. Nemeroff, and J. D. Bremner. 2002. Childhood trauma associated with smaller hippocampal volume in women with major depression. *American Journal of Psychiatry,* 159(12): 2072-80.

.63+ وفقاً لكاندل، فإنّ "الإجهاد المبكر في الحياة المُنتَج بفصل الرضيع عن أمه يُنتج ردّ فعل في الرضـيع يُخـزَّن بشكلٍ رئيسي بواسطة جهاز الذاكرة الإجرائية، وهو جهاز الذاكرة الوحيد المتمايز جيداً الذي يملكه الرضيع باكراً في حياته، ولكنّ هذا الفعل لجهاز الذاكرة الإجرائية يقود إلى دورة من التغيّرات تتلف الحُصين في النهاية وتسفر، بالتالي، عن تغيّر دائم في الذاكرة التصريحية [الصريحة]".

E. R. Kandel. 1999. Biology and the future of psychoanalysis: A new intellectual framework for psychiatry revisited. *American Journal of Psychiatry,* 156(4): 505-24, especially 515. See also L. R. Squire and E. R. Kandel. 1999. *Memory: From molecules to memory.* New York: Scienti.c American Library; B. S. McEwen and R. M. Sapolsky. 1995. Stress and cognitive function. *Current Opinion in Neurobiology,* 5:205-16.

.64+ B. L. Jacobs, H. van Praag, and F. H. Gage, 2000. تذكرُ هذه الورقة تقريراً لبيرمال شاه وزملائه في مستشفى إدنبيرغ الملكي يُظهر أنّ الحجم الحصيني هو أصغر في المرضى المصابين باكتئاب مزمن ولكن ليس في أولئك الذين تماثلوا للشفاء.

.65 Ibid.

.66 S. Freud. 1937/1964. Analysis terminable and interminable. In *Standard edition of the complete psychological works*, vol. 23, 241-42.

.67 S. Freud. 1918/1955. An infantile neurosis. In *Standard edition of the complete psychological works,* vol. 17, 116.

الفصل 10
التجديد

.1 S. Ramón y Cajal. 1913, 1914/1991. *Cajal's degeneration and regeneration of the nervous system.* J. DeFelipe and E. G. Jones, eds. Translated by R. M.May. New York: Oxford University Press, 750.

.2 P. S. Eriksson, E. Perfilieva, T. Bj.rk-Eriksson, A. Alborn, C. Nordborg, D. A. Peterson, and F. H. Gage. 1998. Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4(11): 1313-17.

.3 H. van Praag, A. F. Schinder, B. R. Christie, N. Toni, T. D. Palmer, and F. H. Gage. 2002. Functional neurogenesis in the adult hippocampus. *Nature,* 415(6875): 1030-34; H. Song, C. F. Stevens, and F. H. Gage. 2002. Neural stem cells from adult hippocampus develop essential properties of functional CNS neurons. *Nature Neuroscience,* 5(5): 438-45.

+.4 كـــان إيجـــاد خلايا جذعية عصبونية في الجرذان اكتشافاً هاماً لأنّ الجرذان (والفئران) تشترك في أكثر من 90 بالمئة من حمضها النووي الريبـــي المنقوص الأكسجين *DNA* مع البشر.

.5 G. Kempermann, H. G. Kuhn, and F. H. Gage. 1997.More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature,* 386(6624): 493-95.

.6 G. Kempermann, D. Gast, and F. H. Gage. 2002. Neuroplasticity in old age: Sustained fivefold induction of hippocampal neurogenesis by long-term environmental enrichment. *Annals of Neurology,* 52:135-43.

.7 H. van Praag, G. Kempermann, and F. H. Gage. 1999. Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature Neuroscience,* 2(3): 266-70.

.8 M. V. Springer, A. R. McIntosh, G. Wincour, and C. L. Grady. 2005. The relation between brain activity during memory tasks and years of education in young and older adults. *Neuropsychology,* 19(2): 181-92.

.9 R. Cabeza. 2002. Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model. *Psychology and Aging,* 17(1): 85-100.

.10 R. S. Wilson, C. F. Mendes de Leon, L. L. Barnes, J. A. Schneider, J. L. Bienias, D. A. Evans, and D. A. Bennett. 2002. Participation in cognitively stimulating activities and risk of incident Alzheimer disease. *JAMA,* 287(6): 742-48.

.11 J. Verghese, R. B. Lipton, M. J. Katz, C. B. Hall, C. A. Derby, G. Kuslansky, A. F. Ambrose, M. Sliwinski, and H. Buschke. 2003. Leisure activities and the risk of dementia in the elderly. *New England Journal of Medicine,* 348(25): 2508-16.

+.12 إنّ فكرة أنّ داء ألزهايمر يمكن أن يبدأ باكراً في مرحلة الرشد دون أن يُكتشَف لسنوات مـــصدرها دراسة شهيرة لناذرات عفّة (راهبات) وجدت أنّ أولئك اللواتي أُصبن بداء ألزهايمر استخدمن لغة أبسط بكثير عندما كنّ في العشرينات من العمر.

+.13 أترك جانباً مسألة المكمّلات للنظام الغذائي، الذي هو ليس موضوعي، باستثناء القول إنّ فكـــرة تناول السمك، أو زيوت السمك الغنية بأحماض أوميغا الدهنية، تبدو حكيمة. ولكنّ هناك الكثير من المكمّلات الممكنة الأخرى.

M. C. Morris, D. A. Evans, C. C. Tangney, J. L. Bienias, and R. S. Wilson. 2005. Fish consumption and cognitive decline with age in a large community study. *Archives of Neurology,* 62(12): 1849-53.

.14 S.Vaynman and F. Gomez-Pinilla. 2005. License to run: Exercise impacts functional plasticity in the intact and injured central nervous system by using neurotrophins. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 19(4): 283-95.

.15 J. Verghese et al., 2003.

.16 A. Lutz, L. L. Greischar, N. B. Rawlings, M. Ricard, and R. J. Davidson. 2004. Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 101(46): 16369-73.

.17 G. E. Vaillant. 2002. *Aging well: Surprising guideposts to a happier life from the landmark Harvard study of adult development.* Boston: Little, Brown, & Co.

.18 H. C. Lehman. 1953. *Age and achievement.* Princeton, NJ: Princeton University Press; D. K. Simonton. 1990. Does creativity decline in the later years? Definition, data, and theory. In M. Permutter, ed., *Late life potential.* Washington, DC: Gerontological Society of America, 83-112, especially 103.

.19 Cited in G. E. Vaillant, 2002, 214. From H. Heimpel. 1981. Schlusswort. In M. Planck, ed., *Hermann Heimpel zum 80. Geburtstag.* Institut für Geschichte. G.ttingen: Hubert, 41-47.

الفصل 11
أكثر من مجموع أجزائها

+.1 استخدم غرافمان المشاهدة، الاستفهام، القراءة، طريقة درس الاختبار *Preview, Question, Read, Study Test Method* لمساعدة ريناتا على تحسين قدراتها الخاصة بالتفكير والقراءة.

+.2 عانى معظم محاربـــي فيتنام الذين درسهم غرافمان من إصابات رأس **نافذة** – رصاص، وقذيفة منثار *shrapnel*، وشظايا معدنية متطايرة اخترقت جماجمهم وأدمغتهم. لا يفقد ضـــحايا الإصابات النافذة وعيهم غالباً، ولهذا فإنّ نصف الجنود تقريباً بإصابات كتلك مشوا نحو الوحدة الجراحية بأنفسهم وأخبروا الأطباء أنهم بحاجة إلى مساعدة.

.3 J. Grafman, B. S. Jonas, A. Martin, A. M. Salazar, H. Weingartner, C. Ludlow, M. A. Smutok, and S. C. Vance. 1988. Intellectual function following penetrating head injury in Vietnam veterans. *Brain,* 111:169-84.

.4 J. Grafman and I. Litvan. 1999. Evidence for four forms of neuroplasticity. In J. Grafman and Y. Christen, eds., *Neuronal plasticity: Building a bridge from the laboratory to the clinic.* Berlin: Springer-Verlag, 131-39; J. Grafman. 2000. Conceptualizing functional neuroplasticity. *Journal of Communication Disorders,* 33(4): 345-56.

.5 H. S. Levin, J. Scheller, T. Rickard, J. Grafman, K. Martinkowski, M. Winslow, and S. Mirvis. 1996. Dyscalculia and dyslexia after right hemisphere injury in infancy. *Archives of Neurology,* 53(1): 88-96.

+.6 إنّ الأطفـــال الـــذين لديهم تلفٌ في النصف الدماغي **الأيمن** اللالفظي (مثل باول) لا يعـــيدون تنظـــيم نصفهم الدماغي الأيسر بشكلٍ جيد للاضطّلاع بمهام النصف الأيمن المفقودة كما فعلت ميشيل حين أعادت تنظيم نصف دماغها الأيمن للاضطّلاع بوظائف النصف الأيسر المفقودة. قد يكون هذا لأنّ وظائف اللغة الأساسية تتطوّر غالباً في وقت سابق للوظائف اللالفظية، وهكذا عندما تسعى هذه الوظائف اللالفظية في النصف الأيمن للهجرة إلى الأيسر، تجد أنّ النصف الأيسر قد التزم بالفعل بوظائف اللغة.

.7 B. Edwards. 1999. *The new drawing on the right side of the brain.* New York: Jeremy P. Tarcher/Putnam, xi.

+8. عادةً، يُسجّل الفصّ قبل الجبهي الأيسر تتابعاً من الأحداث. يخمّن غرافمان أنه بعد أن يستخلص الفصّ قبل الجبهي الأيمن الفكرة الرئيسية أو المعنى لتلك الأحداث، فإنّ نفس الفصّ قبل الجبهي الأيمن يثبّط على الأرجح تذكُّر تلك الأحداث في الفصّ الأيسر، لأنه لا يــوجد داعٍ للاحتفاظ بكل هذه التفاصيل بشكلها التام الحيّ. إنّ القدرة على تذكّر الــيوم الــسابق والأحداث المهمّة فيه هي، كما يقول غرافمان، "تسوية بين التفاصيل والمعنى". هذه التسوية هي أقلّ في حالة ميشيل لأنها لا تملك نصفاً دماغياً منفصلاً لتثبيط تسجيل الحدث. وبالتالي فإنّ حيوية الأحداث تدوم.

الملحق 1

الدماغ المعدّل ثقافياً

1. Interview in S. Olsen. 2005. Are we getting smarter or dumber? CNet News.com. http://news.com.com/Arewegettingsmarterordumber/2008-1008_3-5875404.html.

+2. يحــدث الانكسار لأنّ الضوء يغيّر اتجاهه عندما ينتقل من وسط إلى آخر يختلف عنه في الكــثافة. عين الإنسان هي عين أرضية، تتكيّف مع الضوء عندما يعبر إليها من الهواء، وليس من الماء.

3. A. Gislén, M. Dacke, R. H. H. Kröger, M. Abrahamsson, D. Nilsson, and E. J. Warrant. 2003. Superior underwater vision in a human population of Sea Gypsies. *Current Biology,* 13:833-36.

+4. يتكــيّف حجــم حدقة العين بواسطة الدماغ والفرعين السمبثاوي ونظير السمبثاوي للجهاز العصبــي.

5. T. F. Münte, E. Altenmüller, and L. Jäncke. 2002. The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience,* 3(6): 473-78.

6. T. Elbert, C. Pantev, C. Wienbruch, B. Rockstroh, and E. Taub. 1995. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science,* 270(5234): 305-7.

7. C. Pantev, L. E. Roberts, M. Schulz, A. Engelien, and B. Ross. 2001. Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *NeuroReport*, 12(1): 169-74.

8. T. F. Münte, E. Altenmüller, and L. Jäncke, 2002.

9. G. Vasari. 1550/1963. *The lives of the painters, sculptors and architects,* vol. 4. New York: Everyman's Library, Dutton, 126.

+10. هناك أمثلة أخرى لامعدودة للدماغ الذي يتكيّف مع الحالات غير المألوفة. يشير الباحث في اللدونة، إيان روبرتسون، إلى ما قد وجدته *NASA* من أنّ روّاد الفضاء يحتاجون إلى ما بين أربعة وثمانية أيام، بعد أية رحلة، لاستعادة توازنهم، وهو تأثيرٌ لدن على الأرجح، وفقــاً لروبرتسون. ففي حالة انعدام الوزن يُفقَد حسّ التوازن ويضطّر روّاد الفضاء إلى

الاعـــتماد على أعينهم ليعرفوا أين هي أجسادهم في الفضاء. وبالتالي فإنّ انعدام الوزن يقـــود إلى تعـــديلَين دماغيين: يُضعَف جهاز التوازن الذي لا يحصل على أية مُدخلات (حالـــة استعمله أو اخسره)، وتُقوّى العينان الحاصلتان على تدريب مكثّف لتُعلما رائد الفضاء أين هو جسده في الفضاء.

11. E. A. Maguire, D. G. Gadian, I. S. Johnsrude, C. D. Good, J. Ashburner, R. S. J. Frackowiak, and C. D. Frith. 2000. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA,* 97(8): 4398-4403.

12. S. W. Lazar, C. E. Kerr, R. H. Wasserman, J. R. Gray, D. N. Greve, M. T. Treadway, M. Mc-Garvey, B. T. Quinn, J. A. Dusek, H. Benson, S. L. Rauch, C. I. Moore, and B. Fischl. 2005. Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *NeuroReport,* 16(17): 1893-97.

13.+ لقـــد بـــدأنا فقط في فهم علم الوراثة الخاص باللدونة العصبية. اكتشف فريدريك غيج وفريقه، الذين أثبتوا أنّ الفئران التي تُربّى في بيئات مُغناة تُنشئ عصبونات جديدة ويكون حـــصينها أكبر حجماً، أنّ أحد المتكهنات الأقوى بقدرة أي فأر على إنشاء عصبونات جديدة مُحدَّد وراثياً.

14.+ وفقاً لعالم الآثار المعرفي ستيفن ميثن، فإنّ المرونة المعرفية قد تشرح واحداً من أعظم ألغاز ما قبل التاريخ البشري، ألا وهو الانفجار المفاجئ للثقافة البشرية.

مـــشى الإنـــسان (بوصـــفه نوعاً بيولوجياً) لأول مرة على سطح الأرض قبل حوالى 100,000 سنة، وعلى مدى الخمسين ألف سنة التالية، بناءً على الدليل الآثاري، كانت الثقافة البشرية ثابتة وبالكاد أكثر تعقيداً من تلك للأنواع قبل البشرية التي سبقتنا لأكثر من مليون سنة. إنّ البقايا الآثارية من هذه الفترة ذات الرتابة الثقافية تطرح عدة ألغاز. أولاً، استخدم البشر الحجارة أو الخشب فقط لصنع الأدوات ولم يستخدموا العظام، أو العاج، أو القرون، التي كانت أيضاً متوفّرة. ثانياً، في حين أنّ هؤلاء البشر قد اخترعوا فأساً متعدد الأغراض، إلا أنهم لم يطوّروا أبداً فأساً، أو أية أداة أخرى، لأغراض خاصة. كانت جميع رؤوس الحراب ذات حجم واحد ومصنوعة بنفس الطريقة. ثالثاً، لم تُصنع أيـــة أدوات أبـــداً من عدة مكوّنات، مثل حربون الإنويت (الإسكيمو) ذي الرؤوس الحجـــرية الصلبة، ورماح العاج، وغيرها. وأخيراً، لم تكن هناك أية علامات دالة على الفن، أو الزخرفة، أو الدين.

ثم قبل خمسين ألف سنة، وعلى نحو مفاجئ، ودون أي تغيّر أساسي في حجم دماغنا أو تركيبنا الوراثي، تغيّر كل هذا وتطوّرت فنون وتكنولوجيات معقّدة. تمّ اختراع القوارب التي نقلت الإنسان عبر البحر إلى أستراليا، وظهرت رسوم الكهوف، وشاعت المنحوتات العظمية والعاجية التخيّلية لكائنات هجينة مؤلّفة من أشكال إنسانية وحيوانية، وكذلك زيـــنة الخرز والقلادات لجسم الإنسان. وبدأوا يدفنون أمواتهم في حفر، وبجانبها جثث لحـــيوانات - "بضاعة القبر" من المؤن الغذائية للحياة الآخرة - وهو الدليل الأول على

الدين. وللمرة الأولى، صُمِّمت أدوات لأغراض خاصة، وصُنِعت رؤوس الحراب لتلائم حجم الضحية آخذةً بعين الاعتبار سماكة جلد الضحية وموطنها.

يجادل ميثن بأنّ فترة الرتابة الثقافية قد حدثت بسبب امتلاك الإنسان (بوصفه نوعاً بيولوجياً) لثلاث وحدات ذكاء منفصلة، والتي عمل كل منها بشكلٍ مستقل. الوحدة الأولى هي ذكاء التاريخ الطبيعي، الذي اشترك فيه الإنسان مع العديد من الحيوانات، والذي أتاح للبشر أن يفهموا عادات الطرائد، والطقس، والجغرافيا: كيف توقعت الآثار في الأرض والبراز من نوعٍ معيّن بإيجاد حيوان، أو كيف توقعت هجرة الطيور بقدوم الشتاء. أما الوحدة الثانية فهي الذكاء التقني، المتمثّل بفهم طريقة معالجة الأشياء، مثل الحجارة، وتحويلها إلى شفرات. والوحدة الثالثة هي الذكاء الاجتماعي، الذي يشترك فيه الإنسان أيضاً مع حيوانات أخرى، والذي أتاح للبشر أن يتفاعلوا مع غيرهم ويقرأوا عواطفهم ويفهموا مراتب الهيمنة والخضوع، وطقوس المغازلة، وطريقة تنشئة الصغار.

يخمّن ميثن أنّ وجود الرتابة الثقافية يرجع إلى انفصال وحدات الذكاء الثلاث في العقل. وهكذا فإنّ الإنسان الأول لم ينحت أبداً العظم أو العاج، لأنّ العظم كان نتاجاً حيوانياً، وكان لدى الإنسان الأوّل حاجز عقلي بين الذكاء التقني والذكاء الحيواني، وبالتالي لم يستطع أن يفكّر في استخدام الحيوانات لصنع أدوات. ولم يكن لدى الإنسان الأول أنواعٌ خاصة من الأدوات لأغراض مختلفة، أو أدوات معقدة، لأنّ ابتكار مثل هذه الأدوات سيتطلّب دمج ذكاء التاريخ الطبيعي (سماكة الجلود، حجم الحيوانات، اختلاف العادات) مع الذكاء التقني. كما أنّ عدم العثور على أي خرز، أو قلادات، أو غيرها من حُلي الجسم (التي تشير إلى انتماء الشخص الاجتماعي، ودينه، ومكانته) يشير إلى وجود حاجز بين الذكاء الاجتماعي والذكاء التقني.

تلاشت هذه الحواجز قبل خمسين ألف سنة، حيث ظهرت أدوات معقّدة مفيدة لأغراض مختلفة، وأظهر الفنّ مزج الأنواع الثلاثة من الذكاء، كما في حالة تمثال الأسد - الرجل المُكتشَف في جنوبي ألمانيا. صوّر هذا التمثال المنحوت (الذكاء التقني) جسم رجل (الذكاء الاجتماعي)، مجتمعاً مع رأس أسد وناب ماموث (ذكاء التاريخ الطبيعي). وفي فرنسا، نُحت الخرز العاجي (الذكاء التقني) ليحاكي قواقع البحر (ذكاء التاريخ الطبيعي)، ووُجدت أدوات جديدة بحيوانات منحوتة عليها.

يجادل ميثن أنّ كل هذا الإبداع، في غياب تغيُّرٍ في حجم الدماغ، قد حدث لأنّ "المرونة المعرفية" سمحت بتلاشي الحواجز بين وحدات الذكاء الثلاث وأتاحت للعقل أن يعيد تنظيم نفسه. ولكن ما الذي أتاح لهذه الوحدات أن تتّصل؟

سأجادل أنا بأنّ لدونة الدماغ يمكن أن تكون السبب وراء اتصال المجموعات أو الوحدات العصبونية المختلفة وأنها - أي اللدونة - تمثّل النظير العصبي للمرونة المعرفية. ولكن لماذا لم تتصل الوحدات قبل ذلك؟ لأنّ اللدونة هي دوماً سيفٌ ذو حدّين ويمكن أن تقود إلى الصلابة والمرونة على حدّ سواء. إذا كانت هذه الوحدات قد

تطوّرت في الحيوانات والرئيسات لأغراض متخصّصة، فستميل لأن تُستخدَم باستمرار لغرضها الأصلي - بالطريقة نفسها التي تميل بها المزلجة للبقاء في الممرات التي أحدثتها في المـــرة الأولى. ولكنّ هذا لا يعني أنّ وحدات الذكاء الثلاث لا يمكن أبداً أن تمتزج، بل يعني أنها كانت فقط ميالةً لأن تبقى منفصلة - إلى أن اكتُشِف، ربما مصادفةً، أن مزجها قد أعطى الإنسان (بوصفه نوعاً بيولوجياً) فائدةً مميّزة.

See S. Mithen. 1996. *The prehistory of the mind: The cognitive origins of art, history and science*. London: Thames & Hudson.

.15 I. Gauthier, P. Skudlarski, J. C. Gore, and A.W. Anderson. 2000. Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience,* 3(2): 191-97.

.16 Interview in S. Olsen, 2005.

.17 R. Sapolsky. 2006. The 2% difference. *Discover,* April, 27(4): 42-45.

.18 G. M. Edelman and G. Tononi. 2000. *A universe of consciousness: How matter becomes imagination.* New York: Basic Books, 38.

.19 G. Edelman. 2002. A message from the founder and director. *BrainMatters.* San Diego: Neurosciences Institute, Fall, 1.

.20 H. J. Neville and D. Lawson. 1987. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An eventrelated potential and behavioral study. II. Congenitally deaf adults. *Brain Research,* 405(2): 268-83.

.21+ إنّ تعلُّـــم ثقافة جديدة في مرحلة الرشد يتطلّب استخدام المرء لأجزاء جديدة من الدماغ، علـــى الأقلّ للّغة. يُظهر مسح الدماغ أنّ الناس الذين يتعلّمون لغةً واحدة ثمّ، بعد فترة من الزمن، يتعلّمون لغةً أخرى يخزّنون اللغتين في **منطقتين مختلفتين**. عندما يُصاب الناس الثنائيو اللغة بسكتات دماغية، فهم يفقدون أحياناً القدرة على تكلُّم إحدى اللغتين وليس الأخرى. يملك مثل هؤلاء الناس شبكات عصبونية للغتَيهم، وربما لأوجه أخرى من ثقافتَيهم. ولكن يُظهـــر مـــسح الدماغ أيضاً أنّ الأطفال الذين تعلّموا لغتين معاً خلال الفترة الحرجة أثناء تنشئتهم يطوّرون قشرة سمعية تمثّل اللغتين معاً. ولهذا السبب يؤيّد ميرزنيتش تعلُّم أصوات لغوية مختلفة قدر الإمكان في مرحلة الطفولة المبكرة: يطوّر هكذا أطفال مكتبة قشرية كبيرة مفردة من الأصوات ويكون من الأسهل عليهم تعلّم لغات أخرى لاحقاً في الحياة.

For brain scan studies, see S. P. Springer and G. Deutsch. 1998. *Left brain, right brain: Perspectives from cognitive science,* 5th ed. New York: W. H. Freeman & Co., 267.

.22 M. Donald. 2000. The central role of culture in cognitive evolution: A reflection on the myth of the "isolated mind". In L. Nucci, ed., *Culture, thought and development.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 19-38.

.23 R. E. Nisbett. 2003.*The geography of thought: How Asians and Westerners think differently... and why.* New York: Free Press, xii-xiv.

.24 R. E. Nisbett, K. Peng, I. Choi, and A. Norenzayan. 2001. Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition. *Psychological Review,* 291-310.

25.+تعني كلمة "تحليل" تفكيك الشيء إلى أجزاء، ويعني تحليل مشكلة تفكيكها إلى أجزاء. أثّرت العادة التحليلية للعقل في كيفية رؤية الإغريق للعالم. كان العلماء الإغريق أول من جادل بأنّ المادة تُشكَّل من جسيمات منفصلة تُدعَى ذرّات. وتعلّم الأطباء الإغريق من خلال التشريح، قطع الجسم إلى أجزاء، وطوّروا الجراحة لإزالة الأجزاء المختلّة وظيفياً. أمـــا المنطق، الذي هو إغريقي المنشأ نموذجياً، فيحلّ المشكلة **بعزل** جزءٍ منها عن سياقه الأصلي.

26.+بـــدلاً مـــن رؤية المادة كذرّات منفصلة، رآها الصينيون كمواد متّصلة ينفذ بعضها في بعـــض. وكانـــوا مهتمّين في فهم سياق أي شيء أكثر من اهتمامهم في التركيز عليه كـــشيء منعزل. كان العلماء الصينيون مهتمّين في حقول القوى وكيف تؤثّر الأشياء بعـــضها على بعض. وكانت لديهم معارف عميقة باكرة في المغنطيسية والرنين الصوتي واكتشفوا، قبل علماء الغرب بفترة طويلة، أنّ القمر يحرّك المدّ والجزر. وفي الطبّ، تخلّى الـــصينيون عن التشريح والجراحة، بعد أن كانوا قد مارسوهما لبعض الوقت، وأصبحوا رائدين في الطبّ الشمولي، مفضّلين أن ينظروا إلى الجسم كجهاز واحد.

27.+النصف الدماغي الأيسر هو أكثر انهماكاً في معالجة التفكير اللفظي المجرّد (والمنطق كما يعـــتقد البعض) وفي إدراك الأشياء **تتابعياً**. أما تفكير النصف الدماغي الأيمن فهو أكثر شمولـــيةً ويـــدرك الأشياء مرة واحدة، أو **في الوقت نفسه**، وبالتالي يُوصَف غالباً بأنه تركيبـــي، أو حدسي، أو شبيه بالجشتالت *Gestalt-like*.

(S. P. Springer and G. Deutsch. 1998. *Left brain, right brain: Perspectives from cognitive science,* 5th ed. New York: W. H. Freeman & Co., 292).

ولكن حتى لو كانت الحضارة الغربية تفضّل النصف الدماغي الأيسر، والحضارة الشرقية تفضّل الأيمن، فلا بدّ، مع ذلك، من وجود آلية يحدث بها ذلك. هناك سببٌ وجيه يدفعنا للاعتقاد بأنّ هذه الآلية تستند إلى اللدونة، وليس فقط إلى التركيب الوراثي، لأنه عندما يحاول الناس أن يغيّروا الحضارات، يتغيّر إدراكهم.

28.+اعـــتقد نيـــسبيت أساســـاً، وهو اختصاصي في فهم الاستنباط أو التفكير المنطقي، أنّ الاســـتنباط، مـــثل الإدراك الحسّي، كان عاماً، وصُلبياً، ومُحكَم الدوائر الكهربائية في الـــدماغ. كان نيسبيت واثقاً جداً من فكرته تلك إلى حدّ أنه اعتقد بأنّ الاستنباط لا يمكـــن أن يُعلَّـــم وشرع لإثبات ذلك. حاول نيسبيت في تجاربه أن يعلّم الناس قواعد الاستنباط أو التفكير المنطقي، ليستخدموها في حياتهم اليومية. ولدهشته، أظهرت تجاربه العكس: يمكن بالفعل تعلّم الاستنباط. كان هذا اكتشافاً مهماً لأنّ التعليم، وتحديداً في أميركا، كان قد ابتعد عن تعليم القواعد المجرّدة للاستنباط، ويرجع سبب ذلك جزئياً إلى إنكـــار اللدونـــة. منتقداً المنهاج التقليدي، الذي يرجع إلى أيام أفلاطون، سخر ويليام جيمس، أعظم العلماء النفسيين في عصره، من دراسة قوانين الاستنباط المجرّدة لأنها عنت ضمناً أنه يمكن تمرين بعض "عضلات العقل" غير الموجودة.

Cited in R. E. Nisbett, ed. 1993. *Rules for Reasoning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 10. In Plato's *Republic*, studying mathematics is described as a "gymnastic" practice, a form of mental exercise. Plato. 1968. *The Republic of Plato*. Translated by A. Bloom. New York: Basic Books, 526b, p. 205.

29.+أظهـــر شينوبو كيتاياما، مستخدماً أنواع التجارب الإدراكية التي طوّرها نيسبيت، أنّ الأميركـــيين الـــذين عاشـــوا في اليابان لبضعة أشهر بدأ أداؤهم يشبه أداء اليابانيين في الاختبارات الإدراكية. أما اليابانيون الذين عاشوا في أميركا لبضع سنوات فقد أصبحوا مـــثل الأميركـــيين. هذه الهياكل الزمنية هي ما قد يتوقّعه المرء لتعديل لدن في الدوائر الكهربائية للتعلّم الإدراكي. إنّ الطرق الشمولية أو التحليلية للإدراك لا تُعلّم أبداً بشكلٍ رسمي للمهاجرين، ولكنّ الانغمار في حضارة معينة يسبّب التعلّم الإدراكي، لأنّ البيئة – اللغـــة، والأذواق، وعلـــم الجمال، والفلسفة، ومقاربة العلم، والحياة اليومية – تُكرِّر باســـتمرار البنية الإدراكية الأساسية لتلك الحضارة، بحيث إنّ الزائرين لا يستطيعون أن يتجنّبوا خضوع أدمغتهم لتدريب مكثّف. حالياً، يُجري فيليب زيلازو في جامعة تورنتو دراســـةً لمقارنـــة تـــأثيرات الثقافة على تطوّر الانتباه ووظائف الفصّ الجبهي في الصين والغرب، وقد وجد أنّ ثقافة المرء لها تأثيرٌ على التطوّر المعرفي وهو يعتقد أنها تؤثّر، على الأرجح، في التطوّر العصبـــي أيضاً.

30. R. E. Nisbett, 2003, *The geography of thought*.

31. Ibid.

32. A. Luria. 1973. *The working brain: An introduction to neuropsychology*. London: Penguin, 100.

33. Ibid.; A. Noë. 2004. *Action in perception*. Cambridge, MA: MIT Press.

34. M. Fahle and T. Poggio. 2002. *Perceptual learning*. Cambridge, MA: A Bradford Book, MIT Press, xiii, 273; W. Li, V. Piëch, and C. D. Gilbert. 2004. Perceptual learning and top-down influences in primary visual cortex. *Nature Neuroscience*, 7(6): 651-57.

35. B. Simon. Sea Gypsies see signs in the waves. March 20, 2005. www.cbsnews.com/stories/2005/03/18/60minutes/main681558.shtml.

36. B. E. Wexler. 2006. Brain and culture: Neurobiology, ideology, and social change. Cambridge, MA: MIT Press.

37. P. Goodspeed. 2005. Adoration 101. *National Post*, November 7; P. Goodspeed. 2005. Mysterious kingdom: North Korea remains an enigma to the outside world. *National Post*, November 5.

38. W. J. Freeman. 1995. *Societies of brains: A study in the neuroscience of love and hate*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; W. J. Freeman. 1999. *How brains make up their minds*. London: Weidenfeld & Nicolson; R. J. Lifton. 1961. *Thought reform and the psychology of totalism*. New York: W. W. Norton & Co.; W. Sargant. 1957/1997. *Battle for the mind: A physiology of conversion and brain-washing*. Cambridge, MA:Malor Books.

.39 Michael Merzenich interviewed in S. Olsen. 2005. Are we getting smarter or dumber? CNet News.com. http://news.com.com/Are+we+getting+smarter+or+dumber/2008-1008_3-5875404.html.

.40 M. Donald, 2000, 21.

.41 D. A. Christakis, F. J. Zimmerman, D. L. DiGiuseppe, and C. A. McCarty. 2004. Early television exposure and subsequent attentional problems in children. *Pediatrics,* 113(4): 708-13.

.42 Joel T. Nigg. 2006. *What causes ADHD?* New York: Guilford Press.

.43 V. J. Rideout, E. A. Vandewater, and E. A. Wartella. 2003. *Zero to six: Electronic media in the lives of infants, toddlers, and preschoolers.* Publication no. 3378. Menlo Park, CA: Kaiser Family Foundation, 14.

.44 J. M. Healy. 2004. Early television exposure and subsequent attention problems in children. *Pediatrics,* 113(4): 917-18; V. J. Rideout, E. A. Vandewater, and E. A.Wartella, 2003, 7, 17.

.45 J. M. Healy. 1990. *Endangered minds: Why our children don't think.* New York: Simon & Schuster.

.46 E. M. Hallowell. 308 2005. Overloaded circuits: Why smart people underperform. *Harvard Business Review,* January, 1-9.

.47 R. G. O'Connell, M. A. Bellgrove, P. M. Dockree, and I. H. Robertson. 2005. Effects of self alert training (SAT) on sustained attention performance in adult ADHD. Cognitive Neuroscience Society, Conference, April, poster.

.48 M. McLuhan, 1964/1994; W. T. Gordon, ed. *Understanding media: The extensions of man, critical edition.* Corte Madera, CA: Ginkgo Press, 19.

.49 E. B. Michael, T. A. Keller, P. A. Carpenter, and M. A. Just. 2001. fMRI investigation of sentence comprehension by eye and by ear: Modality fingerprints on cognitive processes. *Human Brain Mapping,* 13:239-52; M. Just. 2001. The medium and the message: Eyes and ears understand differently. *EurekAlert,* August 14, www.eurekalert.org/pub_releases/2001-08/cmu-tma081401.php.

.50 E. McLuhan and F. Zingrone, eds. 1995. *Essential McLuhan.* Toronto: Anansi, 119-20.

.51 M. J. Koepp, R. N. Gunn, A.D. Lawrence,V. J. Cunningham, A. Dagher, T. Jones, D. J. Brooks, C. J. Bench, and P. M. Grasby. 1998. Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature,* 393(6682): 266-68.

.52+ يشتمل برنامج 24 على عدد أكبر من الشخصيات والحبكات الروائية والحبكات الفرعية مقارنـــةً ببرامج مشابهة قبلً عشرين سنة. تشتمل حلقة مدتها أربع وأربعون دقيقة على إحدى وعشرين شخصية متميّزة، لكل منها قصة معرّفة بوضوح.
S. Johnson. 2005.Watching TV makes you smarter. *New York Times,* April 24.

.53 R. Kubey and M. Csikszentmihalyi. 2002. Television addiction is no mere metaphor. *Scientific American,* February, 23.

.54 M. McLuhan. 1995. *Playboy* interview. In E. McLuhan and F. Zingrone, eds., 264-65.

.55 M. McLuhan, 1964/1994.

الملحق 2

اللدونة وفكرة التقدُّم

+.1 أُلهم روسو بعالم التاريخ الطبيعي بافون، الذي اكتشف أنّ الأرض كانت أقدم بكثير مماّ ظَنّ الناس، وأنّ صخورها احتوت على أحافير لحيوانات كانت موجودة في ما مضى، ولكنها لم تعد كذلك، ما يؤكّد أنّ أجساد الحيوانات، التي كان يُظنّ في ما مضى أنها غير قابلة للتغيّر، يمكن أن تتغيّر. ظهر علمٌ جديد في عصر روسو عُرِف باسم التاريخ الطبيعي، رأى أنّ كل الأشياء الحية تملك تاريخاً.

أحد الأسباب وراء احتمال كون روسو منفتحاً جداً لفكرة التاريخ الطبيعي واللدونة هو انغماره في الآثار الكلاسيكية للإغريق القدماء. فكما رأينا (في الملاحظة الثالثة للفصل 1)، صوّر الإغريق الطبيعة **ككائن حيّ** ضخم. ولأنّ كل الطبيعة كانت حيّة، فمن غير المرجّح أنهم كانوا سيعارضون فكرة اللدونة من حيث المبدأ. وقد جادل سقراط، كما رأينا، بأنّ الشخص يمكن أن يدرّب عقله بالطريقة نفسها التي يدرّب بها الرياضيون عضلاتهم.

وبعد اكتشافات غاليليو، ظهرت الفكرة العظيمة الثانية للطبيعة، وهي فكرة **الطبيعة كآلية**، التي جرّدت الدماغ من الحياة ومالت إلى معارضة فكرة اللدونة، من حيث المبدأ تقريباً.

أما الفكرة الثالثة الأعظم للطبيعة، المُلهمة بواسطة بافون، وروسو، وآخرين، فقد أعادت الحياة إلى الطبيعة، حيث صوّرتها **كعملية تاريخية** متطوّرة تتغيّر مع الوقت، وأعادت الكثير من الحيوية التي كانت مُتضمَّنةً في الرؤية الإغريقية القديمة لها.

See R. G. Collingwood. 1945. *The idea of nature.* Oxford: Oxford University Press; R. S. Westfall. 1977. *The construction of modern science: Mechanisms and mechanics.* Cambridge: Cambridge University Press, 90.

.2 J. J. Rousseau. 1762/1979. *Emile, or on education.* Translated by A. Bloom. New York: Basic Books, 272-82, especially 280.

.3 Ibid., 132; also 38, 48, 52, 138.

+.4 رأى روسو أيضاً الاكتمالية كمزيجٍ من الإيجابيات والسلبيات وكتب: "لماذا الإنسان وحده عرضة لأن يُصبح أبله؟ أليس الأمر أنه يرجع بذلك إلى حالته الأوّلية وأنه يخسر بسبب كبر السن أو حوادث أخرى كل ما جعلته **الاكتمالية** يكتسبه، وينحدر بالتالي إلى مرتبة أقلّ من الحيوان، الذي لم يكتسب شيئاً وليس لديه شيء ليخسره، ويحتفظ دوماً بغريزته؟ سيكون محزناً لنا أن نكون مُجبَرين لأن نوافق بأنّ هذه المقدرة المتميّزة وغير المحدودة تقريباً هي مصدر كل شقاء الإنسان، وأنها المقدرة التي ستنتزعه، بقوة الوقت، من تلك الحالة الأصلية التي سيقضي فيها أياماً هادئة وبريئة، وأنها المقدرة التي تُسبِّب، عبر القرون، ظهور تنوُّره وأخطائه، ورذائله وفضائله، وتجعله في النهاية طاغية نفسه والطبيعة".

J. J. Rousseau. 1755/1990. *The first and second discourses, together with the replies to critics and essay on the origin of languages.* Translated and edited by V. Gourevitch. New York: Harper Torchbooks, 149, 339.

5. J. J. Rousseau, 1762/1979, 80-81; J. J. Rousseau, 1755/1990, 149, 158, 168; L. M. MacLean, 2002. The free animal: Free will and perfectibility in Rousseau's *Discourse on Inequality.* Ph.D. thesis, University of Toronto, 34-40.

6.+ قام بونيت باكتشافات مهمة بشأن شكلٍ من التكاثر تقوم فيه بويضات غير مخصّبة بالتوالد بنفسها بدون مَنيّ. كان بونيت مهتماً بشكلٍ خاص في التجديد ودرس كيف تستطيع حيوانات، مثل السلاطعين، أن تعيد تجديد أطرافها المفقودة بعد قطعها. بالطبع، بعد أن يتجدّد مخلب السلطعون، كذلك يفعل النسيج العصبي ضمن ذلك المخلب، وهكذا كان بونيت مهتماً في نموّ النسيج العصبي البالغ. ومن المثير للاهتمام أنّ بونيت، مثل روسو، كان سويسرياً أيضاً، من جنيف. أصبح بونيت عدوّ روسو المتحمّس وهاجم كتابات روسو السياسية كتابةً وسعى لحظرها.

7. M. J. Renner and M. R. Rosenzweig. 1987. *Enriched and impoverished environments: Effects on brain and behavior.* New York: Springer-Verlag, 1-2; C. Bonnet. 1779-1783. *Oeuvres d'histoire naturelle et de philosophie.* Neuchâtel: S. Fauche.

8. M. J. Renner and M. R. Rosenzweig, 1987; M. Malacarne. 1793. *Journal de physique,* vol. 43: 73, cited in M. R. Rosenzweig. 1996. Aspects of the search for neural mechanisms of memory. *Annual Review of Psychology,* 47:1-32, especially 4; G. Malacarne. 1819. *Memorie storiche intorno alla vita ed alle opere di Michele Vincenzo Giacinto Malacarne.* Padua: Tipografia del Seminario, 88.

9. R. L. Velkley. 1989. *Freedom and the end of reason: On the moral foundation of Kant's critical philosophy.* Chicago: University of Chicago Press, 53.

10. A.-N. de Condorcet. 1795/1955. *Sketch for a historical picture of the progress of the human mind.* Translated by J. Barraclough. London: Weidenfeld & Nicolson, 4.

11. V. L. Muller. 1985. *The idea of perfectibility.* Lanham, MD: University Press of America.

12. T. Jefferson. 1799. To William G. Munford, 18 June. In B. B. Oberg, ed., 2004. *The papers of Thomas Jefferson,* vol. 31: *1 February 1799 to 31 May 1800.* Princeton: Princeton University Press, 126-30.

13. A. de Tocqueville. 1835/1840/2000. *Democracy in America.* Translated by H. C. Mansfield and D. Winthrop. Chicago: University of Chicago Press, 426.

14. T. Sowell. 1987. *A conflict of visions.* New York: William Morrow, 26.

الدماغ وكيف يطوّر أداءه

نورمان دويدج هو طبيب نفسي ومحلّل نفسي وباحث في مركز جامعة كولومبيا للتدريب والبحث التحليلي النفسي في نيويورك وفي قسم الطبّ النفسي في جامعة تورنتو، كما أنه مؤلّف وكاتب مقالات وشاعر. حاز دويدج على الجائزة الذهبية لمجلة كندا الوطنية أربع مرات. وهو يقسم وقته بين تورنتو ونيويورك.

ثناء على كتاب "الدماغ وكيف يطوّر أداءه"

"كتاب دويدج هو صورة قلمية رائعة ومُفعمة بالأمل للتكيُّفية اللانهائية للدماغ البشري... قبل بضعة عقود فقط، اعتبر العلماء أنّ الدماغ ثابتٌ أو "مُحكَم الدوائر الكهربائية"، وبالتالي فقد اعتبروا معظم أشكال التلف الدماغي غير قابلة للعلاج. لقد ذُهِل الدكتور دويدج، وهو باحث وطبيب نفسي بارز، حين دحضت تحوّلات مرضاه هذه الحقيقة، وانطلق لاستكشاف علم اللدونة العصبية الجديد بإجراء مقابلات مع روّاد علميين في علم الأعصاب، ومع مرضى استفادوا من إعادة التأهيل العصبي. وهو يشرح هنا عبر قصص شخصية مذهلة كيف أنّ الدماغ، الذي هو أبعد ما يكون عن الثبات، يملك قدرات لتغيير بنيته الخاصة والتعويض عن أكثر الحالات العصبية تحدّياً".

– أوليفر ساكس

"عادةً ما يقع قسم العلوم في المكتبات التجارية بعيداً عن قسم المساعدة الذاتية، حيث الحقائق الثابتة على مجموعة من الرفوف والتفكير المتمني على مجموعة أخرى. ولكنّ المختصرات المذهلة لنورمان دويدج للثورة الحالية في علم الأعصاب تجسر هذه الثغرة: إنّ التمييز القديم بين الدماغ والعقل آخذٌ في الانهيار بسرعة مع فوز التفكير الإيجابي أخيراً بالمصداقية العلمية. وكما يشير الدكتور دويدج، فإنّ لإخضاع العقل، وصنع المعجزات، وترويض الحقيقة آثاراً ليس فقط على المرضى الفرديين المصابين بأمراض عصبية، بل على كل البشر، بالإضافة إلى آثارها على الثقافة البشرية، والتعلّم البشري، والتاريخ البشري".

– نيويورك تايمز

"يـــربط [دويدج] التجريب العلمي بالانتصار الشخصي بطريقة تثير الخشية تجاه الدماغ وتجاه إيمان هؤلاء العلماء بمقدرته. تأليفٌ قيِّم لعملٍ يسعى لإثبات التكيّفية غـــير المتغنّـــي بها لعضونا الأكثر اكتنافاً بالأسرار. سيرغب القرّاء في قراءة كل الأقسام جهاراً وفي مناولة الكتاب لكل شخصٍ يمكن أن يستفيد منه".

– واشنطون بوست

"يـــتطلّب الأمر موهبة نادرة لشرح العلم إلى البقيّة منا. أوليفر ساكس هو أستاذٌ بـــارع في هـــذا. وهكـــذا كان الراحل ستيفن جاي غولد. واليوم لدينا نورمان دويـــدج. هذا كتابٌ رائع. ليس عليك أن تكون جرّاح دماغ لتقرأه. يكفي أن تكون شخصاً بعقلٍ محبّ للاستطلاع. دويدج هو أفضل مرشدٍ ممكن، حيث يتّسم أسلوبه بالسلاسة والتواضع، وهو قادرٌ على شرح مفاهيم صعبةً دون أن يُفرط في كلامه حتى يفهمه قراؤه. دراسة الحالة هي من النوع الأدبي الخاص بالطب النفسي من الطراز الأوّل، ودويدج لا يخيّب أملنا. اشترِ هذا الكتاب وسيشكرك دماغك".

– غلوب آند ميل (تورنتو)

"هـــناك أمـــلٌ للناس ذوي الأدمغة المصابة. هذا كتابٌ نيِّرٌ ومذهل حتماً... مُثير وتعليمـــي وآســـر، ويرضي العقل والقلب بنفس القدر. يبرع دويدج في شرح الـــبحث الحالي في علم الأعصاب بوضوح وشمول. و[هو] يعرض محَن المرضى الـــذين يكتب عنهم – أناس وُلدوا بأجزاء مفقودة من أدمغتهم، وأَناس بحالات عجز تعلّمية، وأناس يتعافون من سكتات دماغية – بسلاسة وحيوية. في القصص الطبية الأفضل، يتمّ عبور الجسر الضيّق بين الجسد والروح بشجاعة وفصاحة".

– شيكاغو تريبيون

"جـــولةٌ مُـــوجّهة ببراعة خلال الحقل المزدهر لأبحاث اللدونة العصبية... النتيجة النهائية هي استطلاع جدّي لواحد من أكثر مجالات علم الأعصاب إثارةً... ومع روايـــات واضـــحة للغايـــة للتجارب والمفاهيم الوثيقة الصلة بالموضوع، يعطي [دويـــدج] أوصـــافاً مُحكمـــة للشخصيات وردود الفعل اللحظية. يساعد هذا الوصف الأوسع والأعمق على قراءة شيّقة".

– ديسكفر

"كُـــتب كتاب نورمان دويدج بلغة جميلة، وهو يجلب الحياة والوضوح إلى تنوّع مـــن المـــشاكل العصبية العقلية التي تصيب الأطفال والراشدين. يحوي الكتاب سجلات حالات تبدو كقصص قصيرة ممتازة لتوضيح كل متلازمة... ويبدو قليلاً مـــثل قصة بوليسية علمية وهو متعةٌ للقراءة... ينجح الكتاب في إضفاء الصبغة

البشرية على مجالٍ من العلم هو محيّر غالباً ومثير للجدل. وهو موجّه للقارئ العادي الحسن التّعليم؛ لستَ بحاجة إلى شهادة دكتوراه لتستفيد من الحكمة المنقولة هنا".

– باربارا ميلورد، دكتورة في الطبّ، طبيبة نفسية،
كلية ويل الطبّية في جامعة كورنيل

"كتابٌ ممتاز يحوي قصصاً شيّقة مختصّة بالمفكّرين المبدعين في علوم الأعصاب. يغطّي دويدج قدراً مثيراً للإعجاب من المواضيع وهو مرشد خبير، حيث تجد حسّ تساؤل يُغني مهارته دوماً كمفسّر لموضوع بحث يمكن أن يكون مثبّطاً أو حتى مُستغلَقاً في أيدٍ أقل براعة. كتابٌ مستحثّ للتفكير، وآسر، وأساسي".

– غازيت (مونتريال)

"يزوّد دويدج بتاريخٍ للبحث في هذا الحقل النامي، مركّزاً الانتباه على علماء على حافة تحقيق اكتشافات رائدة، ومُخبراً قصصاً مذهلة عن أناس استفادوا".

– سيكولوجي توداي

"هناك ثورةٌ تجتاح الآن حقل علم الدماغ، وهذا الكتاب يؤرّخ على أساسٍ زمني قصص رجالٍ ونساء دخلوا عصراً جديداً. ما عاد يُنظَر للدماغ كآلة "أُحكِمت دوائرها الكهربائية" باكراً في حياة الإنسان، غير قادرة على التكيُّف ومصيرها أن "تبلى" مع العمر. بدلاً من ذلك، نحن نتعلّم أنّ العلماء يبدأون في كشف أسرار تكيّفية – أو "لدونة" – الدماغ الفعالة والممتدة طوال عمر الإنسان. والنتائج هائلة لجهة علاج الأمراض العصبية، والاهتمام بعملية الشيخوخة، والتحسينات الدرامية في الأداء البشري. المؤلّف نورمان دويدج هو طبيب نفسي في كلية كولومبيا وهو يُخبر قصصاً ساحرة واحدة تلو الأخرى بينما يسافر حول العالم مُقابلاً علماء ومرضاهم الخاضعين للاختبار، والذين هم عند طليعة عصرٍ جديد. تُحاك كل قصة بآخر التطوّرات في علم الدماغ، وتُروَى بأسلوب هو بسيط وشيّق في الوقت نفسه. قد يكون من الصعب أن نتصوّر أنّ كتاباً غنياً إلى هذا الحدّ بالعلم يمكن أيضاً أن يكون ممتعاً، ولكن من الصعب وضع هذا الكتاب جانباً".

– جيف زيمان، قناة لياقة الدماغ

"كانت الحكمة التقليدية لسنوات هي أنّ الدماغ البشري يبقى ثابتاً بعد مرحلة الطفولة المبكرة، ويخضع فقط لتلف تدريجي (تدهور). وبالتالي فإنّ الأطفال ذوي القصور العقلي أو الراشدين الذين يعانون من إصابات دماغية لا يمكنهم أبداً أن يأملوا في إحراز دماغٍ سويّ. ولكنّ الدكتور دويدج يقول إنّ الأمر ليس كذلك.

هـــو يوجز قدرة الدماغ على تمييز نفسه بتشكيل اتصالات عصبية جديدة خلال كامــل حياة الإنسان. ومن خلال دراسات حالة عديدة، يصف دويدج ضحايا ســكتات دماغية تعلّموا أن يتحرّكوا ويتكلّموا ثانيةً، ومواطنين مُسنِّين استطاعوا تقوية ذاكرتهم، وأطفالاً رفعوا حاصل ذكائهم وتغلّبوا على عجزهم التعلُّمي. وهو يتوقع بأنّ هذا العلم سيكون له آثار على المحترفين في حقول عديدة، وخاصةً على المعلّمين من جميع الأنواع".

– إديوكيشن ويك

"لا يزال معظمنا يفكّر بالدماغ كآلة تشبه جهاز التلفاز: إذا أصابه التلف، لا بدّ لميكانيكـــي بارع أن يصلحه. يهدف كتاب **الدماغ وكيف يطوّر أداءه** إلى محو هـــذه الفكـــرة الشائعة بتعريف القرّاء على العلم الناشئ الجديد الخاص باللدونة العصبية، والذي يدرس قدرة الدماغ على التكيّف مع الصدمات وتجديد اتصالاته الكهربائية. ومن خلال مثال مذهل تلو آخر، يرينا الدكتور دويدج كيف استطاع المرضـــى التغلّب على اختلالات مُحدَثة بسبب الصدمات، والسكتات الدماغية، والمشاكل قبل الولادية، والأمراض. نحن نتعلّم هنا كيف أنّ تغيّرات الدماغ تؤثّر في الأزواج الرومانـــسيين وكيف أنّ تخيُّلك لنفسك تعزف على البيانو يمكن فعلياً أن يحسّن مهاراتك. إنّ القصص في هذا الكتاب هي تثقيفية بقدر ما هي ملهِمة".
– بارنز آند نوبل

"مـــدهش. سيـــستحثّ هـــذا الكـــتاب حتماً عقد مقارنات مع أعمال أوليفر ســـاكس... يملـــك دويدج موهبة استثنائية لجعل المادة التقنية للغاية ممتعة القراءة للغايـــة... مـــن الصعب أن نتصوّر موضوعاً أكثر إثارةً، أو مقدِّمةً أفضل لهكذا موضوع".

– ركورد (أونتاريو)

"دراســـةٌ شاملة للنتائج العميقة للدونة العصبية. يمكن بالفعل للخلايا أو الدوائر المصابة أو المختلّة وظيفياً أن تُجدَّد ويُعاد تشكيل اتّصالاتها الكهربائية. يمكن لموقع وظـــيفة معيـــنة أن ينتقل على نحوٍ مدهش من مكانٍ إلى آخر. ربما ليست هناك ضرورة لأن يتجاوز عمر الجسد عمره العقلي، كما هو الوضع اليوم في كثير جداً من الأحيان. قد وجد ميرزنيتش من خلال علاج المرونة الذي ابتكره أنّ 'كلّ ما يمكنك أن تراه يحدث في دماغٍ شاب يمكن أن يحدث في دماغ أكبر سناً'. يمكن للتدهور أن يُعكَس حتى عشرين إلى ثلاثين سنةٍ فائتة".

– تورنتو ستار

"كتابٌ مُؤلَّف بفصاحة عن الإمكانية اللامحدودة للدماغ البشري. فبالإضافة إلى كونه قراءة مذهلة ومُثقِّفة وفعّالة عاطفياً، يملك هذا الكتاب أيضاً الإمكانية لتنوير الأهـــل بـــشأن فرص تعزيز التعلُّم الهائلة المتوفّرة الآن لهم ولأطفالهم. وهو يهتمّ بحالات العجز التعلّمي بطريقة فريدة ويمكن أن يُحدث ثورةً في الطريقة التي تتمّ بها معالجة القضايا التعليمية".

– جويش ويك

"يقلب دويدج ببطء كل شيء حَسِبنا أننا نعرفه عن الدماغ رأساً على عقب".

– ببليشرز ويكلي

"لماذا لا يتربّع هذا الكتاب عن قمة قائمة الكتب الأفضل مبيعاً في جميع الأزمان؟ برأيي أنّ تمييز الدماغ بأنه لَدْن ويمكن أن يغيّر نفسه فعلياً بالتمرين والفهم هو قفزة ضخمة في تاريخ البشر – أعظم بكثير من الهبوط على سطح القمر. كتابٌ واضح ومـــذهل وآســـر. يعطـــي الدكتور دويدج أملاً جديداً للجميع من أصغرنا إلى أكبرنا".

– جين س. هول، International Psychoanalysis

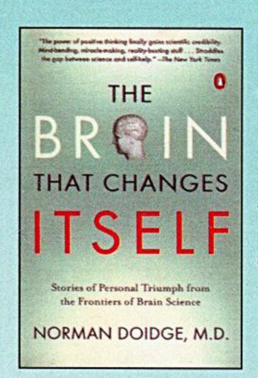
"كتاب دويدج هو بمثابة دليل المالك للدماغ، حيث يسدي النصيحة بشأن المحافظة على وظائف الذكاء والاستنتاج المنطقي بينما نكبر في السن، مُعطياً القارئ أملاً للمـــستقبل. أنا أوصي بشدة بهذا الكتاب لأي شخص يستمتع بقصص الانتصار رغم كل الصعاب الهائلة. هو كتابٌ آسر للغاية ومثقِّف دائماً".

– Curled Up With a Good Book

«مذهل. كتاب دويدج هو صورة رائعة ومُفعمة لمقدرة الدماغ البشري على التكيُّف».

– أوليفر ساكس

إنّ الاكتشاف بأنّ أفكارنا يمكنها أن تُغيِّر بنية ووظيفة أدمغتنا – حتى في سن الشيخوخة – هو أهمّ فتحٍ علمي في علم الأعصاب خلال أربعة قرون. في هذه الدراسة الثورية للدماغ، يعرّفنا المؤلّف الذائع الصيت والطبيب والمحلّل النفسي، نورمان دويدج، إلى العلماءَ الرواد المتألّقين أبطال علم اللدونة العصبية الجديد هذا، عبر الإضاءة على التقدّمَ المدهش الذي أحرزه مرضاهم مما غيّر حياتهم. وهو يقدّم مبادئ يمكن لنا جميعاً أن نستخدمها، بالإضافة إلى مجموعة آسرة من سجلات الحالات السريرية: مرضى سكتات دماغية تمّ علاجهم، وامرأة بنصف دماغ تجددت اتصالاته الكهربائية ليعود ويعمل كوحدة، واضطرابات عاطفية وتعلّمية تمّ التغلّب عليها، ومعدّلات حاصل ذكاء منخفضة تمّ رفعها، وأدمغة هرمة تمّ تجديدها. إنّ مفاعيل كتاب **الدماغ وكيف يطوّر بنيته وأداءه** «ستنعكس خيراً على جميع البشر، وكذلك على الثقافة البشرية، والتعلّم البشري، والتاريخ البشري». – نيويورك تايمز



«سيرغب القرّاء في قراءة كل الأقسام جهاراً وفي مناولة الكتاب لكل شخص يمكن أن يستفيد منه ... يربط هذا الكتاب التجارب العلمية بالانتصار الشخصي بطريقة تثير الرهبة». – واشنطن بوست

«نيِّر ومذهل حتماً. يشرح دويدج بوضوح وسلاسة وحيوية ... كتابٌ يُرضي العقل والقلب بنفس القدر».

– شيكاغو تريبيون

«ممتاز. لقد التهمته». – ف. س. راماتشاندران، دكتور في الطب، ومدير مركز الدماغ والمعرفة، ومؤلّف كتاب خيالات في الدماغ: سبر غور ألغاز العقل البشري

زرْ موقع المؤلّف على شبكة الإنترنت www.normandoidge.com

ISBN 978-9953-87-718-1





الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb - www.aspbooks.com
ص. ب. 5574-13 شوران 2050-1102 بيروت – لبنان
هاتف: 785107/8 (1-961+) فاكس: 786230 (1-961+)
البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb